

02.7.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 19 AUG 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 5 月 1 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 1 7 3 2 2 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 1 7 3 2 2 4]

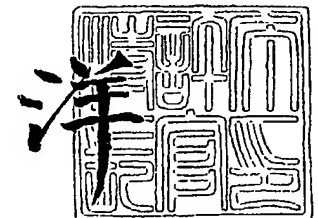
出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 7047960045
【提出日】 平成16年 5月14日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 村上 豊
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 小林 聖峰
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 折橋 雅之
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 松岡 昭彦
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100105050
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 鷺田 公一
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-190683
 【出願日】 平成15年 7月 2日
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9700376

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

第 1 の送信データを変調して第 1 の変調信号を得る第 1 の変調手段と、第 2 の送信データを変調して第 2 の変調信号を得る第 2 の変調手段と、前記第 1 の変調信号を送信する第 1 のアンテナと、前記第 2 の変調信号を送信する第 2 のアンテナとを有し、

前記第 1 の変調手段は、前記第 1 の送信データの同一データを信号点配置を変えて複数回変調することにより前記第 1 の変調信号を形成し、

前記第 2 の変調手段は、前記第 2 の送信データを時系列で変調することにより前記第 2 の変調信号を形成する

通信装置。

【請求項 2】

前記第 1 の変調手段は、同一データから、同一の変調方式でかつ互いに位相差をもった変調信号を前記第 1 の変調信号として形成する

請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

前記第 1 の変調手段は、同一データから、互いに 45° の位相差をもつ Q P S K 変調信号を前記第 1 の変調信号として形成する

請求項 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記第 1 の変調手段は、前記第 1 の送信データを所定の変調方式の信号点位置にマッピングするマッピング部と、マッピングされた信号点の位相を前記同一データの送信回数に応じた角度だけ回転させる位相回転部とを具備する

請求項 2 又は請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 5】

それぞれ異なるアンテナから送信する第 1 及び第 2 の変調信号のうち、

前記第 1 の変調信号を同一データを信号点配置を変えて変調し複数回送信する通信方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】通信方法および通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、特にマルチアンテナを用いた通信装置および通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、マルチアンテナを用いた通信方法として例えばMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) と呼ばれる通信方法がある。MIMOに代表されるマルチアンテナ通信では、複数系列の送信データをそれぞれ変調し、各変調信号を異なるアンテナから同時に送信することで、データの通信速度を高めるようになっている。

【0003】

この種の通信方法においては、受信側で、伝搬路上で混ざり合った複数の変調信号を分離して復調する必要がある。従って、マルチアンテナを用いた通信においては、復調精度が実質的なデータ伝送速度に大きな影響を及ぼす。

【0004】

従来、マルチアンテナ通信を行うにあたって、受信側での変調信号の受信品質を向上させ、実質的なデータ伝送速度を向上させる技術として、例えば非特許文献1に記載されているように、時空間ブロック符号を送信するものが知られている。

【0005】

この時空間ブロック符号について、図57を用いて簡単に説明する。図57(b)に示すように、送信装置は複数のアンテナ5、6を有し、各アンテナ5、6から同時に信号を送信する。受信装置は、同時に送信された複数の信号をアンテナ7で受信する。

【0006】

図57(a)に、各アンテナ5、6から送信される信号のフレーム構成を示す。アンテナ5からは送信信号Aが送信され、これと同時にアンテナ6からは送信信号Bが送信される。送信信号A及び送信信号Bは、符号化利得とダイバーシチ利得とが得られるように同じシンボルが複数回配置されたシンボルブロックからなる。

【0007】

さらに詳しく説明する。図57(a)において、S1、S2はそれぞれ異なるシンボルを示すと共に、複素共役を“*”で示す。時空間ブロック符号化では、時点*i*において、第1のアンテナ5からシンボルS1を送信すると同時に第2のアンテナ6からシンボルS2*を送信し、続く時点*i*+1において、第1のアンテナ5からシンボルS2を送信すると同時に第2のアンテナ6からシンボルS1*を送信する。

【0008】

受信装置のアンテナ7では、アンテナ5とアンテナ7間で伝送路変動 $h_1(t)$ を受けた送信信号Aと、アンテナ6とアンテナ7間で伝送路変動 $h_2(t)$ を受けた送信信号Bとが合成された信号が受信される。

【0009】

受信装置は、伝送路変動 $h_1(t)$ と $h_2(t)$ を推定し、その推定値を用いることにより、合成された受信信号から元の送信信号Aと送信信号Bを分離した後に、各シンボルを復調するようになっている。

【0010】

この際、図57(a)に示すような時空間ブロック符号化された信号を用いると、信号分離時に、伝送路変動 $h_1(t)$ 、 $h_2(t)$ に拘わらず各シンボルS1、S2を最大比合成できるようになるので、大きな符号化利得とダイバーシチ利得とが得られるようになる。この結果、受信品質すなわち誤り率特性を向上させることができる。

【非特許文献1】 Space-Time Block Codes from Orthogonal Design” IEEE Transactions on I

Information Theory, pp. 1456-1467, vol. 45,
no. 5, July 1999

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、上述したようにマルチアンテナ通信においては、各送信アンテナから異なる変調信号を送信するので、1つのアンテナから変調信号を送信する場合と比較して、理想的には、アンテナ数倍のデータ伝送速度を実現できる。しかしながら、各変調信号の分離復調精度が悪いと、実質的なデータ伝送速度は低下してしまう。

【0012】

これに対して、時空間ブロック符号化技術を用いると、各アンテナから送信される変調信号の受信品質（誤り率特性）を向上させることができるので、分離復調精度の劣化によるデータ伝送速度の低下を抑制することができる。

【0013】

しかしながら、時空間ブロック符号化技術を用いると、確かに受信品質（誤り率特性）は向上するものの、伝送効率が低下する欠点がある。すなわち、時空間ブロック符号化で送信される $S1^*$ や $-S2^*$ は、受信装置においては $S1$ 、 $S2$ として復調されるので、時点 i と時点 $i+1$ で同じ情報を2度送信していることになり、この分データの伝送効率が低下する。

【0014】

例えば一般的なマルチアンテナ通信システムにおいては、時点 $i+1$ おいてシンボル $S1$ 、 $S2$ とは異なるシンボル $S3$ 、 $S4$ を送信するので、時点 i から時点 $i+1$ の期間では4つのシンボル $S1 \sim S4$ を送信することができる。つまり、単純に考えると、時空間ブロック符号化技術を用いた場合、データ伝送効率が、一般的なマルチアンテナ通信の半分に低下してしまう。

【0015】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、データ伝送効率の低下を抑制しつつ、優れた受信品質を得ることができる通信装置及び方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

かかる課題を解決するため本発明は、それぞれ異なるアンテナから送信する第1及び第2の変調信号のうち、第1の変調信号を同一データを信号点配置を変えて変調し複数回送信するようにする。

【0017】

これにより、受信側では、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た第1の変調信号の復調結果を第1の変調信号の受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の第1の変調信号の受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された第2の変調信号の受信デジタル信号を得ることができ、受信品質の悪い時間に受信された第2の変調信号の誤り率特性も向上させることができる。この結果、第1の変調信号及び第2の変調信号ともに誤り率特性の良い受信デジタル信号を得ることができる。

【0018】

また基本的には各アンテナから異なる変調信号を送信しているので時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送効率の低下を抑制することができる。

【発明の効果】

【0019】

このように本発明によれば、データ伝送効率の低下を抑制しつつ、優れた受信品質を得ることができる通信装置及び方法を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0021】

(1) 実施の形態 1

本実施の形態では、2つのアンテナを用いてそれぞれ異なる2つの変調信号を送信するにあたって、一方の変調信号についてのみ同一のデータを複数回送信することを提案する。この実施の形態では、異なる2系統のデータをそれぞれ変調することで2つの変調信号を形成し、この2つの変調信号をそれぞれ異なるアンテナから送信する。この際、一方のアンテナから送信する変調信号については、信号点配置を変えて同一のデータを複数回送信する。これにより、基本的には各アンテナから異なる変調信号を送信しているので時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保ちつつ、複数回送信されたデータの誤り率特性を向上させることができるので結果として両系統(2系統)の誤り率特性を向上させることができる。

【0022】

図1は、本発明の実施の形態1に係る通信方法で送信する信号のフレーム構成を示す図である。図1では、本実施の形態における変調信号のフレーム構成の一例を示しており、変調信号Aと変調信号Bは、異なるアンテナからそれぞれ送信される。変調信号A、Bは、それぞれ電波伝搬環境推定シンボル101、104を含む。電波伝搬環境推定シンボル101、104は、受信装置において電波伝搬環境を推定するための既知シンボルである。

【0023】

102、103、105、106はデータシンボルを示す。変調信号Aの時点*i*のデータシンボル102($S1(i)$)と時点*i*+1のデータシンボル103($S1(i)'$)は、互いに同一のデータをマッピング規則を変えて信号点配置して形成したものである。一方、変調信号Bの時点*i*のデータシンボル105($S2(i)$)と時点*i*+1のデータシンボル106($S2(i+1)$)は、互いに異なるデータを同一のマッピング規則に従って信号点配置したものである。すなわち、変調信号Bは一般的な変調信号であるのに対して、変調信号Aは同一のデータをマッピングパターンを変えて複数回送信するものである。

【0024】

図1(b)に示す送信アンテナ107からは変調信号Aが送信されると共に、送信アンテナ108からは変調信号Bの信号が送信される。そして受信アンテナ109、110では、それぞれ、伝搬路上で混ざり合った変調信号Aと変調信号Bの合成信号が受信される。

【0025】

図2に、変調信号Aについての信号点配置例を示す。図2(a)は図1のシンボル102の信号点配置を示している。図2(b)及び図2(c)は図1のシンボル103の信号点配置を示している。図2(b)は、同一のデータを、図2(a)の信号点配置に対して 90° 位相を回転させて配置した例である。また図2(c)は、同一のデータを、図2(a)の信号点配置に対して、 45° 位相を回転させて配置した例である。

【0026】

図3に、本実施の形態における送信装置の構成例を示す。図3の送信装置は、符号化部302と、変調部304と、拡散部306と、無線部308と、電力増幅器310と、変調部314と、拡散部316と、無線部318と、電力増幅器320と、フレーム構成信号生成部323とから主に構成されている。

【0027】

図3において、フレーム構成信号生成部323は、フレーム構成を示す信号フレーム構成信号324、例えばフレーム内のシンボルのいずれを送信するかを示す情報を出力する。符号化部302は、フレーム構成信号324に基づき、送信ディジタル信号301をシンボル単位で複数回(この実施の形態では2回)、符号化後のディジタル信号303として出力する。

【0028】

変調部304は、符号化後のデジタル信号303、フレーム構成信号324を入力とし、送信直交ベースバンド信号305を拡散部306に出力する。この際、変調部304は、図2(a)に示したように情報を所定の信号点配置でマッピングして変調し、次に図2(b)又図2(c)に示したように同じ情報を前回と異なる信号点配置でマッピングして変調する。

【0029】

拡散部306は、送信直交ベースバンド信号305を拡散し、拡散後の送信直交ベースバンド信号307を無線部308に出力する。無線部308は、拡散後の送信直交ベースバンド信号307をベースバンド周波数から無線周波数に変換し、変換後の変調信号309を電力増幅器310に出力する。電力増幅器310は、変調信号309の電力を増幅し、増幅後の変調信号311を出力する。変調信号311は、アンテナ107から電波として出力される。

【0030】

変調部314は、送信デジタル信号313、フレーム構成信号324を入力とし、送信直交ベースバンド信号315を出力する。拡散部316は、送信直交ベースバンド信号315を拡散し、拡散後の送信直交ベースバンド信号317を出力する。

【0031】

無線部318は、拡散後の送信直交ベースバンド信号317をベースバンド周波数から無線周波数に変換し、変換後の変調信号319を出力する。電力増幅器320は、変調信号319の電力を増幅し、増幅後の変調信号321を出力する。変調信号311は、アンテナ108から電波として出力される。

【0032】

図4に、本実施の形態における図3の変調部304の構成例を示す。図4において、マッピング部X402は、符号化後のデジタル信号401、フレーム構成信号406を入力とし、図2(a)のようなデジタル信号401をマッピングすることにより、第1のマッピングされた送信直交ベースバンド信号403を出力する。

【0033】

マッピング部Y404は、符号化後のデジタル信号401、フレーム構成信号406を入力とし、図2(b)又は図2(c)のようにマッピング部X402とは異なるマッピングパターンでデジタル信号401をマッピングすることにより、第2のマッピングされた送信直交ベースバンド信号405を出力する。

【0034】

信号選択部407は、第1のマッピングされた送信直交ベースバンド信号403、第2のマッピングされた送信直交ベースバンド信号405、フレーム構成信号406を入力とし、フレーム構成信号に基づいて送信直交ベースバンド信号403又は405のいずれかを選択し、選択した送信直交ベースバンド信号408を出力する。

【0035】

図5に、本実施の形態における受信装置の構成例を示す。無線部503は、アンテナ109で受信した受信信号502を入力とし、受信直交ベースバンド信号504を出力する。逆拡散部505は、受信直交ベースバンド信号504を入力とし、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506を出力する。

【0036】

変調信号A伝送路推定部507は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506を入力とし、変調信号Aに含まれる電波伝搬環境推定シンボル101(図1)に基づいて変調信号の伝送路変動(図1(b)の $h_{11}(t)$)を推定し、推定結果を変調信号Aの伝送路推定信号508として出力する。同様に、変調信号B伝送路推定部509は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506を入力とし、変調信号Bに含まれる電波伝搬環境シンボル104(図1)に基づいて変調信号Bの伝送路変動(図1(b)の $h_{21}(t)$)を推定し、推定結果を変調信号Bの伝送路推定信号510として出力する。

【0037】

無線部513は、アンテナ110で受信した受信信号512を入力とし、受信直交ベースバンド信号514を出力する。逆拡散部515は、受信直交ベースバンド信号514を入力とし、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号516を出力する。

【0038】

変調信号A伝送路推定部517は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号516を入力とし、変調信号Aに含まれる電波伝搬環境推定シンボル101（図1）に基づいて変調信号の伝送路変動（図1（b）の $h_{12}(t)$ ）を推定し、推定結果を変調信号Aの伝送路推定信号518として出力する。同様に、変調信号B伝送路推定部519は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号516を入力とし、変調信号Bに含まれる電波伝搬環境シンボル104（図1）に基づいて変調信号Bの伝送路変動（図1（b）の $h_{22}(t)$ ）を推定し、推定結果を変調信号Bの伝送路推定信号520として出力する。

【0039】

フレーム同期部521は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506、516を入力とし、各受信直交ベースバンド信号506、516に含まれる既知シンボル等に基づいてフレーム間での同期をとるためのフレーム構成信号522を形成し、これを出力する。

【0040】

復調部523は、変調信号Aの伝送路推定信号508、518、変調信号Bの伝送路推定信号510、520、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506、516、フレーム構成信号522を入力とし、伝送路推定信号508、518、510、520及びフレーム構成信号522を用いて受信直交ベースバンド信号506、516を復調することにより、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を得、これを出力する。

【0041】

図6に、復調部523の詳細構成を示す。復調部523は、変調信号A、B復調部608と変調信号B復調部610とを有する。

【0042】

変調信号A、B復調部608は、変調信号Aの伝送路推定信号601、604、変調信号Bの伝送路推定信号602、605、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号603、606、フレーム構成信号607を入力とし、伝送路推定信号601、604、602、605及びフレーム構成信号607を用いて受信直交ベースバンド信号603、606を復調することにより、変調信号Aの受信デジタル信号609及び変調信号Bの受信デジタル信号612を得、これらを出力する。

【0043】

変調信号B復調部610は、変調信号Aの伝送路推定信号601、604、変調信号Bの伝送路推定信号602、605、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号603、606、フレーム構成信号607に加えて、変調信号A、B復調部608により得られた変調信号Aの受信デジタル信号609を入力とし、これらを用いて変調信号Bについての受信デジタル信号611を出力する。

【0044】

図7に、復調部523の別の構成例を示す。図7では、図6と同様に動作するものについては同一符号を付した。

【0045】

変調信号A、B復調部608は、変調信号Aの伝送路推定信号601、604、変調信号Bの伝送路推定信号602、605、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号603、606、フレーム構成信号607を入力とし、伝送路推定信号601、604、602、605及びフレーム構成信号607を用いて受信直交ベースバンド信号603、606を復調することにより、変調信号Aの受信デジタル信号609、変調信号Bの受信デジタル信号612、第1の軟判定値信号701及び第2の軟判定値信号702を得、これらを出力する。

【0046】

変調信号B復調部703は、第1の軟判定値信号701、第2の軟判定値信号702及びフレーム構成信号607を入力とし、第1の軟判定値信号701及び第2の軟判定値信号702を復調することにより、変調信号Bの受信デジタル信号704を得、これを出力する。

【0047】

次に本実施の形態の動作について説明する。

【0048】

上述したように本実施の形態の送信装置300は、2つの変調信号A、Bをそれぞれアンテナから送信するにあたって、変調信号Aについてのみ、マッピングパターンを変えて同一のデータを複数回送信する。これにより、時空間ブロック符号を用いる場合と比較すると、時空間ブロック符号では複数のアンテナで繰り返し同一情報を送信するのに対して、送信装置300は一方のアンテナからは同一情報を繰り返し送信せずに、他方のアンテナからのみ情報を繰り返し送信しているので、時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保つことができる。

【0049】

また受信装置500では、このような信号を受信することで、変調信号Aと変調信号Bを誤り率特性良く復調することができる。これについて順を追って詳しく説明する。

【0050】

まず、受信装置500は、電波伝搬環境推定シンボルを用いて、時間*t*における各変調信号の各アンテナ間でのチャネル変動*h*11(*t*)、*h*12(*t*)、*h*21(*t*)、*h*22(*t*)を推定する。時間*i*においてアンテナ109で受信した受信信号*R*1(*i*)、アンテナ110で受信信号*R*2(*i*)と、時間*i*においてアンテナ107から送信された変調信号*S*1(*i*)、アンテナ108から送信された変調信号*S*2(*i*)との関係は、チャネル変動*h*11(*i*)、*h*12(*i*)、*h*21(*i*)、*h*22(*i*)を用いて次式で表すことができる。

$$\begin{pmatrix} R1(i) \\ R2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i) & h12(i) \\ h21(i) & h22(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i) \\ S2(i) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(1)$$

【0051】

同様に、時点*i*+1においては、次式の関係式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(i+1) \\ R2(i+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i+1) & h12(i+1) \\ h21(i+1) & h22(i+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i)' \\ S2(i+1) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(2)$$

(1)式の関係から*S*1(*i*)、*S*2(*i*)を得ることができると共に、(2)式の関係から*S*1(*i*)'、*S*2(*i*+1)を得ることができる。

【0052】

ここで、図1の例のように、データシンボル102、105を送信する時間と、データシンボル103、106を送信する時間の差が小さい場合(図1の例では、「1」の時間しか差がない)には、*h*11(*i*)≒*h*11(*i*+1)、*h*12(*i*)≒*h*12(*i*+1)、*h*21(*i*)≒*h*21(*i*+1)、*h*22(*i*)≒*h*22(*i*+1)が成立する。

【0053】

従って、このような場合には、(1)式と(2)式の行列はほぼ等しい行列となるが、(*S*1(*i*), *S*2(*i*))のベクトルと(*S*1(*i*)', *S*2(*i*+1))のベクトルが異なるため、復調して得られるデータの確からしさが異なることになる。特に、文献“A Simple transmit diversity technique for wireless communications,” IEEE Journal on Select Areas in Communications, pp. 1451-1458, vol. 16, no. 8, October 1998で示されている尤度検波(Likelihood Detection)を用いた際、データの確からしさの

差が大きくなる。

【0054】

このときの、時間 i と時間 $i+1$ の受信信号における候補信号点の変化の一例を、図 51 に示す。図 51 (a) は時間 i の受信信号における候補信号点の配置を示し、図 51 (b) は時間 $i+1$ の受信信号における候補信号点の配置を示す。このように、候補信号点の配置が時間 i と時間 $i+1$ で異なるため、時間 i での受信品質と時間 $i+1$ での受信品質が異なることになる。なお、図 51 の詳細については、後で説明する。

【0055】

本実施の形態の送信装置 300 及び受信装置 500 では、この特性を利用し、受信データの品質を向上させるようになされている。

【0056】

具体的に説明する。送信装置 300 では、上述したように、同一の送信データを時間 i と時間 $i+1$ での信号点配置が変化するように変調して変調信号 A ($S1(i)$ 、 $S1(i)'$) を形成し、これを異なるアンテナを使って変調信号 B ($S2(i)$ 、 $S2(i+1)$) と同時に送信する。これにより、受信側では、時間 i においては変調信号 $S1(i)$ と変調信号 $S2(i)$ が混ざり合った信号から変調信号 $S1(i)$ と変調信号 $S2(i)$ とを分離復調することになり、一方、時間 $i+1$ においては変調信号 $S1(i)'$ と変調信号 $S2(i+1)$ が混ざり合った信号から変調信号 $S1(i)'$ と変調信号 $S2(i+1)$ とを分離復調することになる。

【0057】

ここで変調信号 A の信号点配置を時間 i と時間 $i+1$ で変えているので、時間 i での上記混ざり合った信号の信号点位置と、時間 $i+1$ での上記混ざり合った信号の信号点位置も異なるものとなり、この結果それらを分離復調したときの受信データの誤り率も異なるものとなる。

【0058】

本実施の形態の受信装置 500 では、時間 i での受信品質の方が良い場合には、変調信号 A の復調結果として変調信号 $S1(i)$ を復調したものをを用いる。すなわち変調信号 $S1(i)'$ の復調結果としても $S1(i)$ の復調結果を用いる。そして、受信品質の良い変調信号 $S2(i)$ は、変調信号 $S1(i)$ と変調信号 $S2(i)$ が混ざり合った信号から通常の分離復調によって復調する。これに対して受信品質の悪い変調信号 $S2(i+1)$ は、受信品質の悪い変調信号 $S1(i)'$ に置き換えて、受信品質の良い変調信号 $S1(i)$ の復調結果を用いて、復調するようになっている。

【0059】

一方、時間 $i+1$ での受信品質の方が良い場合には、変調信号 A の復調結果として変調信号 $S1(i)'$ を復調したものをを用いる。すなわち変調信号 $S1(i)$ の復調結果としても $S1(i)'$ の復調結果を用いる。そして、受信品質の良い変調信号 $S2(i+1)$ は、変調信号 $S1(i)'$ と変調信号 $S2(i+1)$ が混ざり合った信号から通常の分離復調によって復調する。これに対して受信品質の悪い変調信号 $S2(i)$ は、受信品質の悪い変調信号 $S1(i)$ に置き換えて、受信品質の良い変調信号 $S1(i)'$ の復調結果を用いて、復調するようになっている。

【0060】

このように、復調精度の良い時間の変調信号 A の復調結果を用いることにより、変調信号 A の復調時の誤り率特性を向上させることができると共に、復調精度の良い時間の変調信号 A の復調結果を用いて変調信号 B の復調を行うことにより、変調信号 B の復調時の誤り率特性も向上させることができるようになる。

【0061】

受信装置 300 の具体的な復調（復号）手順は、以下の通りである。

<1> 時間 i の検波を行い、($S1(i)$, $S2(i)$) を得る。

<2> 時間 $i+1$ の検波を行い、($S1(i)'$, $S2(i+1)$) を得る。

<3> 時間 i 及び時間 $i+1$ の受信品質を比較する。

【0062】

時間 i の受信品質の方が良い場合、時間 i の検波で得た ($S1(i)$, $S2(i)$) のデータをそのまま使う。そして $S2(i+1)$ のデータは、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 $i+1$ の $S1(i)'$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0063】

これに対して、時間 $i+1$ の受信品質の方が良い場合には、時間 $i+1$ の検波で得た ($S1(i)'$, $S2(i+1)$) のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間 $i+1$ の検波で得られた $S1(i)'$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0064】

受信装置 500 においては、復調部 523 でこのような復調処理を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525 を得る。この復調処理について、さらに詳しく説明する。

【0065】

この実施の形態の例では、変調信号 A、変調信号 B がともに QPSK 変調された信号なので、同一時間に、変調信号 A で 2 ビット、変調信号 B で 2 ビットの計 4 ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111 が送信可能である。ただし、上位 2 ビットは変調信号 A で送信された 2 ビット、下位 2 ビットは変調信号 B で送信された 2 ビットとする。

【0066】

先ず、復調部 523 の全体的な動作を説明する。

【0067】

復調部 523 は、先ず、時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号 508、変調信号 B の伝送路推定信号 510 を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点 (候補信号点) を求める。その信号点の様子を、図 13 の符号 1302 で示す。また復調部 523 は、逆拡散部 505 から受信直交ベースバンド信号 506 として、図 13 の符号 1301 に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部 523 は、図 13 の 1302 のすべての信号点に関して、I-Q 平面における信号点 1301 との例えば距離の 2 乗値を計算する。すなわち、送信ビット 0000 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット 0001、..., 1111 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0001(i)$ 、..., $X1111(i)$ を求める。

【0068】

同様に、復調部 523 は、時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号 518、変調信号 B の伝送路推定信号 520 を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点 (候補信号点) を求める。その信号点の様子を、図 13 の符号 1302 で示す。また復調部 523 は、逆拡散部 515 から受信直交ベースバンド信号 516 として、図 13 の符号 1301 に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部 523 は、図 13 の 1302 のすべての信号点に関して、I-Q 平面における信号点 1301 との距離の 2 乗値を計算する。すなわち、送信ビット 0000 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット 0001、..., 1111 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $Y0001(i)$ 、..., $Y1111(i)$ を求める。

【0069】

次に、復調部 523 は、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求め、同様に $Z0001(i)$ 、..., $Z1111(i)$ を求める。復調部 523 は、同様に、時間 $i+1$ についても $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、..., $Z1111(i+1)$ を求める。

【0070】

次に、復調部523は、時間*i*と時間*i+1*との受信データの確からしさの比較を行う。

【0071】

例えば、Z0000(*i*)、Z0001(*i*)、・・・、Z1111(*i*)の中から、最も小さい値を探索する。その値をF(*i*)とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値をS(*i*)とする。

【0072】

同様に、Z0000(*i+1*)、Z0001(*i+1*)、・・・、Z1111(*i+1*)の中から、最も小さい値を探索する。その値をF(*i+1*)とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値をS(*i+1*)とする。

【0073】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、および、 $R(i+1) = F(i+1) / S(i+1)$ を求める。

【0074】

復調部523は、 $R(i+1) > R(i)$ のとき、時間*i*の方が受信品質が良いと判断し、F(*i*)を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間*i*で得た2ビットを時間*i*及び時間*i+1*での受信データとする。また変調信号Bについては、時間*i*で送信された2ビットとしては時間*i*で得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間*i+1*で送信された2ビットは時間*i+1*での変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、Z0000(*i+1*)、Z0001(*i+1*)、Z0010(*i+1*)、Z0011(*i+1*)の中から最も値が小さくなるものを探索することで、時間*i+1*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、Z0100(*i+1*)、Z0101(*i+1*)、Z0110(*i+1*)、Z0111(*i+1*)の中から最も値が小さくなるものを探索することで、時間*i+1*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、時間*i+1*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0075】

復調部523は、 $R(i) > R(i+1)$ のとき、時間*i+1*の方が受信品質が良いと判断し、F(*i+1*)を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間*i+1*で得た2ビットを時間*i*及び時間*i+1*での受信データとする。また変調信号Bについては、時間*i+1*で送信された2ビットとしては時間*i+1*で得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間*i*で送信された2ビットは時間*i*での変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、Z0000(*i*)、Z0001(*i*)、Z0010(*i*)、Z0011(*i*)の中から最も値が小さくなるものを探索することで、時間*i*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、Z0100(*i*)、Z0101(*i*)、Z0110(*i*)、Z0111(*i*)の中から最も値が小さくなるものを探索することで、時間*i*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、時間*i*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0076】

次に、復調部523を、図6や図7のように構成した場合の動作について説明する。

【0077】

復調部523を図6に示すように構成した場合、変調信号A、B復調部608は、上記のように、時間*i*及び時間*i+1*において変調信号Aで送信されたデータのうち、受信品質の良い方の時間の信号から復調したものを変調信号Aの受信デジタル信号609として出力する。また、上記のように、受信品質の良い時間の変調信号Bで送信されたデータ

を変調信号Bの受信デジタル信号525-1として出力する。

【0078】

変調信号B復調部610は、上記のように、受信品質の良い変調信号Aの受信デジタル信号609を入力し、これを利用することで受信品質の悪い時間の変調信号Bを復調することにより、品質の良い変調信号Bの受信デジタル信号525-2を得て、これを出力する。

【0079】

また復調部523を図7に示すように構成した場合、変調信号A、B復調部608は、上記のように、時間*i*及び時間*i*+1において変調信号Aで送信されたデータのうち、受信品質の良い時間の信号から復調したものを変調信号Aの受信デジタル信号609として出力する。また変調信号A、B復調部608は、第1の軟判定値信号701として、Z0000(*i*)、・・・、Z1111(*i*)を出力すると共に、第2の軟判定値信号702としてZ0000(*i*+1)、・・・、Z1111(*i*+1)を出力する。また変調信号A、B復調部608は、時間*i*又は時間*i*+1いずれかの変調信号Bの受信デジタル信号525-1を出力する。

【0080】

変調信号B復調部703は、第1の軟判定値信号701であるZ0000(*i*)、・・・、Z1111(*i*)と第2の軟判定値信号702であるZ0000(*i*+1)、・・・、Z1111(*i*+1)を入力とし、上記のように、時間*i*と時間*i*+1の受信品質を基に、変調信号Bの復調を行うことにより、受信デジタル信号525-1を得た変調信号Bとは異なる時間の変調信号Bの受信デジタル信号525-2を得て、これを出力する。

【0081】

かくして本実施の形態によれば、それぞれ異なるアンテナから送信する変調信号A、Bのうち、変調信号Aは同一のデータを信号点配置を変えて複数回変調して形成すると共に、変調信号Bは同一のデータを信号点配置を変えて複数回変調することなく時系列のデータを順次変調して形成する（すなわち通常の変調を施して形成する）ようにしたことにより、時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保ちつつ、複数回送信されたデータ系列の誤り率特性を向上させることができるので結果として両系統（2系統）の誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0082】

実際には受信側では、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た変調信号Aの復調結果を変調信号Aの受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の変調信号Aの受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された変調信号Bの受信デジタル信号を得るようにしたことにより、受信品質の悪い時間に受信された変調信号Bの誤り率特性も向上させることができる。

【0083】

(1-1) 変形例1

なお上述した例では、送信装置300によって送信するフレーム構成を、図1のようにした場合について説明したが、送信するフレーム構成を、図8に示すようにしてもよい。図8のフレーム構成が図1のフレーム構成と異なる点は、変調信号Aにおいて同一データを変調した信号S1(*i*)を送信する時間の差を、図1の場合には小さくしたのに対して、図8では非常に大きくしている点である。

【0084】

これにより、時間*i*と時間*j*とでは、電波伝搬環境が全く異なるようになる。これを考慮して、図8の場合には時間*j*で送信する変調信号Aの信号点配置を、時間*i*で送信する変調信号Aの信号点配置と同じにしている。これは、敢えて変調信号Aの信号点配置を変えなくても、時間*i*と時間*j*の受信品質は、電波伝搬環境の違いにより、ある程度異なるものになると考えたためである。

【0085】

この結果、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た変調信号 A の復調結果を変調信号 A の受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の変調信号 A の受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された変調信号 B の受信デジタル信号を得るようにすれば、図 1 のフレーム構成の信号を送信した場合と同様に、受信品質の悪い時間に受信された変調信号 B の誤り率特性も向上させることができる。

【0086】

具体的に説明する。時間 i において、上記 (1) 式が成立する。同様に、時間 j において、次式の関係が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(j) \\ R2(j) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(j) & h12(j) \\ h21(j) & h22(j) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(j) \\ S2(j) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(3)$$

(3) 式における $h11(j)$ 、 $h12(j)$ 、 $h21(j)$ 、 $h22(j)$ は、受信装置 500 において、例えば図 8 の電波伝搬環境推定シンボル 801、803 を用いて推定する。ここで、時間 i と時間 j では、電波伝搬環境が異なるので、 $h11(i) \neq h11(j)$ 、 $h12(i) \neq h12(j)$ 、 $h21(i) \neq h21(j)$ 、 $h22(i) \neq h22(j)$ が成立する。従って、時間 i と時間 j での受信品質は全く異なることになる。

【0087】

以上を考慮し、時間 i と時間 j の I-Q 平面における信号点配置について説明する。

【0088】

変調信号 A の I-Q 平面における信号点配置の一例を、図 2 に示す。図 8 に示すフレーム構成を採った場合、時間 i と時間 j の信号点配置は、共に図 2 (a) でもよいし、時間 i では図 2 (a)、時間 j では図 2 (b) のように異なってもよい。これは、図 1 のフレーム構成のときとは異なり、時間 i と時間 j とでは電波伝搬環境が異なるため、時間 i と時間 j で、敢えて信号点配置を変えなくても、時間 i と時間 j とで受信品質が異なるようになるためである。

【0089】

以下では、復号化の手順について詳しく説明するが、図 1 のフレーム構成の動作と同様に考えることができる。つまり、時間 i+1 の動作を時間 j に置き換えて考えればよい。

<1>時間 i の検波を行い、 $(S1(i), S2(i))$ を得る。

<2>時間 j の検波を行い、 $(S1(i), S2(j))$ を得る。

<3>時間 i 及び時間 j の受信品質を比較する。

【0090】

時間 i の受信品質の方が良い場合、時間 i の検波で得た $(S1(i), S2(i))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(j)$ のデータは、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 j の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0091】

これに対して、時間 j の受信品質の方が良い場合、時間 j の検波で得た $(S1(i), S2(j))$ のデータをそのまま使う。そして、 $S2(i)$ のデータは、時間 j の検波で得られた $S1(i)$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0092】

受信装置 500 においては、復調部 523 でこのような復調処理を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525 を得る。

【0093】

なお図 8 のフレーム構成の送信信号を受信した際の復調部 523 での詳細な動作は、上述した時間 i+1 の動作を時間 j に置き換えて考えればよいだけなので、省略する。ただし、上述した時間 i+1 と時間 j での処理においては、時間 i+1 では図 1 の電波伝搬環境推定シンボル 101、104 を用いて得た信号点（候補信号点）に基づいて時間 i+1 でのデータの確からしさを判定したのに対して、時間 j では図 8 の電波伝搬環境推定シン

ボル801、803を用いて得た信号点（候補信号点）に基づいて時間jでのデータの確からしさを判定する点が異なる。

【0094】

(1-2) 変形例2

ここでは、送信装置300によって送信するフレーム構成を、図9(a)や図9(b)のようにした場合について説明する。

【0095】

図9(a)のフレーム構成は、要するに、図1のフレーム構成では変調信号Aで同一のデータを信号点配置を変えて連続して2回送信したのに対して、変調信号Aで同一のデータを信号点配置を変えて連続して3回送信するようにしたものである。

【0096】

また図9(b)のフレーム構成は、要するに、図8のフレーム構成では変調信号Aで同一のデータを信号点配置を変えずに離れた時間で2回送信したのに対して、変調信号Aで同一のデータを信号点配置を変えずに離れた時間で3回送信するようにしたものである。

【0097】

先ず、図9(a)のフレーム構成を採った場合について説明する。

【0098】

時間i、i+1の状態については、図1のフレーム構成の際の説明と同様である。時間i+2において、次式の関係が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(i+2) \\ R2(i+2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i+2) & h12(i+2) \\ h21(i+2) & h22(i+2) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i)' \\ S2(i+2) \end{pmatrix} \cdots \cdots (4)$$

時間iから時間i+2までの時間は短いので、 $h11(i) \doteq h11(i+1) \doteq h11(i+2)$ 、 $h12(i) \doteq h12(i+1) \doteq h12(i+2)$ 、 $h21(i) \doteq h21(i+1) \doteq h21(i+2)$ 、 $h22(i) \doteq h22(i+1) \doteq h22(i+2)$ が成立する。

【0099】

(1) 式の関係からS1(i)、S2(i)を得ることができ、また(2)式の関係からS1(i)'、S2(i+1)を得ることができ、(4)式の関係からS1(i)"、S2(i+2)を得ることができる。

【0100】

このとき、(1)式、(2)式及び(4)式の行列は、ほぼ等しい行列であるが、S1(i)、S1(i)'及びS1(i)"の信号点を変えているので、(S1(i)、S2(i))のベクトルと(S1(i)', S2(i+1))のベクトルと(S1(i)", S2(i+2))のベクトルが異なるため、各時間i~i+2で得られるデータの確からしさが異なることになる。この際、例えば、時間iのS1(i)は図10(a)の信号点配置に、時間i+1のS1(i)'は図10(b)の信号点配置に、時間i+2のS1(i)"は図10(c)の信号点配置にする。このように、同一データの変調信号S1(i)、S1(i)'、S1(i)"の信号点配置を異なるようにすることで、各時間i~i+2で得られるデータの確からしさを効率よく変化させることができる。

【0101】

図9(a)のフレーム構成の送信信号は、図3に示す構成の送信装置300によって形成することができる。変調信号304を、図4の変調部304の構成に、マッピング部Z(図示せず)を追加した構成を採ればよい。そして、追加したマッピング部Zにおいて、時間i+2のマッピングを行うようにすればよい。

【0102】

図9(a)のフレーム構成の信号を受信した際の、受信装置300の具体的な復調(復号)手順は、以下の通りである。

<1> 時間iの検波を行い、(S1(i), S2(i))を得る。

<2> 時間i+1の検波を行い、(S1(i)', S2(i+1))を得る。

<3>時間 $i+2$ の検波を行い、 $(S1(i)'', S2(i+2))$ を得る。

<4>時間 i 、時間 $i+1$ 及び時間 $i+2$ の受信品質を比較する。

【0103】

時間 i 、時間 $i+1$ 及び時間 $i+2$ の中で、時間 i の受信品質が最も良い場合、時間 i の検波で得た $(S1(i), S2(i))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(i+1)$ のデータは、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 $i+1$ の $S1(i)'$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(i+2)$ のデータは、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 $i+2$ の $S1(i)''$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0104】

また、時間 $i+1$ の受信品質が最も良い場合、時間 $i+1$ の検波で得た $(S1(i)', S2(i+1))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間 $i+1$ の検波で得られた $S1(i)'$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(i+2)$ のデータは、時間 $i+1$ の検波で得られた $S1(i)'$ から時間 $i+2$ の $S1(i)''$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0105】

さらに、時間 $i+2$ の受信品質が最も良い場合、時間 $i+2$ の検波で得た $(S1(i)'', S2(i+2))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間 $i+2$ の検波で得られた $S1(i)''$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(i+1)$ のデータは、時間 $i+2$ の検波で得られた $S1(i)''$ から時間 $i+1$ の $S1(i)'$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0106】

受信装置 500 においては、復調部 523 でこのような復調処理を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525 を得る。

この復調処理について、さらに詳しく説明する。

【0107】

変調信号 A、変調信号 B がともに QPSK 変調された信号の場合、同一時間に、変調信号 A で 2 ビット、変調信号 B で 2 ビットの計 4 ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111 が送信可能である。ただし、上位 2 ビットは変調信号 A で送信された 2 ビット、下位 2 ビットは変調信号 B で送信された 2 ビットとする。

【0108】

先ず、復調部 523 の全体的な動作を説明する。

【0109】

復調部 523 は、先ず、図 9 (a) の時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号 508、変調信号 B の伝送路推定信号 510 を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点 (候補信号点) を求める。その信号点の様子を、図 13 の符号 1302 で示す。また復調部 523 は、逆拡散部 505 から受信直交ベースバンド信号 506 として、図 13 の符号 1301 に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部 523 は、図 13 の 1302 のすべての信号点に関して、I-Q 平面における信号点 1301 との例えば距離の 2 乗値を計算する。すなわち、送信ビット 0000 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット 0001、..., 1111 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0001(i)$ 、..., $X1111(i)$ を求める。

【0110】

同様に、復調部 523 は、図 9 (a) の時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号 518、変調信号 B の伝送路推定信号 520 を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点 (候補信号点) を求める。その信号点の様子を、図 13 の符号 1302 で示す。また復調部 523 は、逆拡散部 515 から受

信直交ベースバンド信号516として、図13の符号1301に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部523は、図13の1302のすべての信号点に関して、I-Q平面における信号点1301との距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、・・・、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0001(i)$ 、・・・、 $Y1111(i)$ を求める。

【0111】

次に、復調部523は、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求め、同様に $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ を求める。復調部523は、同様に、時間 $i+1$ についても $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、・・・、 $Z1111(i+1)$ を求める。また時間 $i+2$ についても $Z0000(i+2)$ 、 $Z0001(i+2)$ 、・・・、 $Z1111(i+2)$ を求める。

【0112】

次に、復調部523は、時間 i と時間 $i+1$ と時間 $i+2$ との受信データの確からしさの比較を行う。

【0113】

例えば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0114】

同様に、 $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、・・・、 $Z1111(i+1)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i+1)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i+1)$ とする。

【0115】

同様に、 $Z0000(i+2)$ 、 $Z0001(i+2)$ 、・・・、 $Z1111(i+2)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i+2)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i+2)$ とする。

【0116】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、 $R(i+1) = F(i+1) / S(i+1)$ 、及び、 $R(i+2) = F(i+2) / S(i+2)$ を求める。以上の値を用いて、時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ の受信品質を推定する。

【0117】

時間 i の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間 i で得た2ビットを時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ での受信データとする。また変調信号Bについては、時間 i で送信された2ビットとしては時間 i で得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 $i+1$ 、 $i+2$ で送信された2ビットは時間 $i+1$ 、 $i+2$ での変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0118】

また、時間 $i+1$ の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間 $i+1$ で得た2ビットを時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ での受信データとする。また変調信号Bについては、時間 $i+1$ で送信された2ビットとしては時間 $i+1$ で得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 i 、 $i+2$ で送信された2ビットは時間 i 、 $i+2$ での変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0119】

さらに、時間 $i+2$ の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間 $i+2$ で得た2ビットを時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ での受信データとする。また変調信号Bについては、時間 $i+2$ で送信された2ビットとしては時

間 $i+2$ で得た 2 ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 i 、 $i+1$ で送信された 2 ビットは時間 i 、 $i+1$ での変調信号 A で送信された 2 ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0120】

このような処理を行うための復調部 523 の詳細構成例を、図 11 に示す。図 11 の変調信号 A、B 復調部 608 は、上記のように、時間 i 、時間 $i+1$ 及び時間 $i+2$ において変調信号 A で送信されたデータのうち、受信品質の最も良い時間の信号から復調したものを変調信号 A の受信デジタル信号 609 として出力する。また変調信号 A、B 復調部 608 は、第 1 の軟判定値信号 701 として、 $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を、第 2 の軟判定値信号 702 として $Z0000(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ を、第 3 の軟判定値信号 1101 として $Z0000(i+2)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+2)$ を出力する。また変調信号 A、B 復調部 608 は、時間 i 、時間 $i+1$ 又は時間 $i+2$ いずれかの変調信号 B の受信デジタル信号 525-1 を出力する。

【0121】

変調信号 B 復調部 703 は、第 1 の軟判定値信号 701 である $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ と、第 2 の軟判定値信号 702 である $Z0000(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ と、第 3 の軟判定値信号 1101 である $Z0000(i+2)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+2)$ とを入力とし、上記のように、時間 i と時間 $i+1$ と時間 $i+2$ の受信品質を基に、変調信号 B の復調を行うことにより、受信デジタル信号 525-1 を得た変調信号 B とは異なる時間の変調信号 B の受信デジタル信号 525-2 を得て、これを出力する。

【0122】

このように、図 9 (a) に示すようなフレーム構成を用いた場合には、図 1 に示すようなフレーム構成を用いた場合と比較して、受信品質の最も良い時間を、より多くの時間の中から選ぶことができるようになるので、一段と誤り率特性の良い変調信号 A、B の復調データを得ることができるようになる。

【0123】

なおここでは、図 9 (a) に示すように、同一データを信号点配置を変えて連続した 3 シンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ で送信した場合について説明したが、これに限ったものではなく、要は、短い時間間隔で同一データの変調信号を複数回送信する際には、同一データの変調信号の信号点配置を変えることにより、各時間での受信品質を変化させるようにすればよい。つまり、時間 i 、 $i+1$ 、 $i+2$ で送信した変調信号を、時間 i 、 $i+n$ 、 $i+m$ で送信するようにしてもよい。このとき、 $h11(i) \div h11(i+n) \div h11(i+m)$ 、 $h12(i) \div h12(i+n) \div h12(i+m)$ 、 $h21(i) \div h21(i+n) \div h21(i+m)$ 、 $h22(i) \div h22(i+n) \div h22(i+m)$ の関係が成立すると効果的である。この場合には、上述した時間 $i+1$ の動作を時間 $i+n$ の動作として、時間 $i+2$ の動作を時間 $i+m$ として考えれば同様に実施することができる。

【0124】

次に、図 9 (b) のフレーム構成を採った場合について説明する。

【0125】

また図 9 (b) のフレーム構成は、上述したように、要するに、図 8 のフレーム構成では変調信号 A で同一のデータを信号点配置を変えずに離れた時間で 2 回送信したのに対して、変調信号 A で同一のデータを信号点配置を変えずに離れた時間で 3 回送信するようにしたものである。

【0126】

時間 i 、 j の状態については、図 8 のフレーム構成の際の説明と同様である。時間 k において、次式の関係が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(k) \\ R2(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(k) & h12(k) \\ h21(k) & h22(k) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i) \\ S2(k) \end{pmatrix} \dots\dots(5)$$

ここで、時間*i*と*j*と*k*は、電波伝搬環境が異なるような時間であるため、 $h11(i) \neq h11(j) \neq h11(k)$ 、 $h12(i) \neq h12(j) \neq h12(k)$ 、 $h21(i) \neq h21(j) \neq h21(k)$ 、 $h22(i) \neq h22(j) \neq h22(k)$ が成立する。従って、時間*i*と*j*と*k*での受信品質は全く異なることになる。これを考慮して、図9(b)の場合には時間*j*及び時間*k*で送信する変調信号Aの信号点配置を、時間*i*で送信する変調信号Aの信号点配置と同じにしている。これは、敢えて変調信号Aの信号点配置を変えなくても、時間*i*と時間*j*と時間*k*の受信品質は、電波伝搬環境の違いにより、ある程度異なるものになると考えたためである。

【0127】

変調信号AのI-Q平面における信号点配置の一例を、図10に示す。図9(b)に示すフレーム構成を採った場合、時間*i*、*j*、*k*の信号点配置は、全て図10(a)でもよいし、時間*i*では図10(a)、時間*j*では図10(b)、時間*k*では図10(c)のように異なるようにしてもよい。これは、時間*i*、*j*、*k*では電波伝搬環境が異なるため、各時間で、敢えて信号点配置を変えなくても、各時間の受信品質が異なるようになるためである。

【0128】

図9(b)のフレーム構成の信号を受信した際の、受信装置300の具体的な復調(復号)手順は、以下の通りである。

- <1>時間*i*の検波を行い、 $(S1(i), S2(i))$ を得る。
- <2>時間*j*の検波を行い、 $(S1(i), S2(j))$ を得る。
- <3>時間*k*の検波を行い、 $(S1(i), S2(k))$ を得る。
- <4>時間*i*、時間*j*及び時間*k*の受信品質を比較する。

【0129】

時間*i*、時間*j*及び時間*k*の中で、時間*i*の受信品質が最も良い場合、時間*i*の検波で得た $(S1(i), S2(i))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(j)$ のデータは、時間*i*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*j*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(k)$ のデータは、時間*i*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*k*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0130】

また、時間*j*の受信品質が最も良い場合、時間*j*の検波で得た $(S1(i), S2(j))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間*j*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*i*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(k)$ のデータは、時間*j*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*k*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0131】

さらに、時間*k*の受信品質が最も良い場合、時間*k*の検波で得た $(S1(i), S2(k))$ のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間*k*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*i*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。また $S2(j)$ のデータは、時間*k*の検波で得られた $S1(i)$ から時間*j*の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0132】

受信装置500においては、復調部523でこのような復調処理を行うことにより、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を得る。

【0133】

この復調処理について、さらに詳しく説明する。

【0134】

変調信号A、変調信号BがともにQPSK変調された信号の場合、同一時間に、変調信

号Aで2ビット、変調信号Bで2ビットの計4ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111が送信可能である。ただし、上位2ビットは変調信号Aで送信された2ビット、下位2ビットは変調信号Bで送信された2ビットとする。

【0135】

先ず、復調部523の全体的な動作を説明する。

【0136】

復調部523は、先ず、図9(b)の時間iにおいて、変調信号Aの伝送路推定信号508、変調信号Bの伝送路推定信号510を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点(候補信号点)を求める。その信号点の様子を、図13の符号1302で示す。また復調部523は、逆拡散部505から受信直交ベースバンド信号506として、図13の符号1301に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部523は、図13の1302のすべての信号点に関して、I-Q平面における信号点1301との例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、..., 1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0001(i)$ 、..., $X1111(i)$ を求める。

【0137】

同様に、復調部523は、図9(b)の時間iにおいて、変調信号Aの伝送路推定信号518、変調信号Bの伝送路推定信号520を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点(候補信号点)を求める。その信号点の様子を、図13の符号1302で示す。また復調部523は、逆拡散部515から受信直交ベースバンド信号516として、図13の符号1301に示すような信号点の信号を入力する。次に、復調部523は、図13の1302のすべての信号点に関して、I-Q平面における信号点1301との距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、..., 1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0001(i)$ 、..., $Y1111(i)$ を求める。

【0138】

次に、復調部523は、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求め、同様にして $Z0001(i)$ 、..., $Z1111(i)$ を求める。復調部523は、同様にして、時間jについても $Z0000(j)$ 、 $Z0001(j)$ 、..., $Z1111(j)$ を求める。また時間kについても $Z0000(k)$ 、 $Z0001(k)$ 、..., $Z1111(k)$ を求める。

【0139】

次に、復調部523は、時間iと時間jと時間kとの受信データの確からしさの比較を行う。

【0140】

例えば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、..., $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0141】

同様に、 $Z0000(j)$ 、 $Z0001(j)$ 、..., $Z1111(j)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(j)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(j)$ とする。

【0142】

同様に、 $Z0000(k)$ 、 $Z0001(k)$ 、..., $Z1111(k)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(k)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(k)$ とする。

【0143】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、 $R(j) = F(j) / S(j)$ 、及

び、 $R(k) = F(k) / S(k)$ を求める。以上の値を用いて、時間 i 、時間 j 、時間 k の受信品質を推定する。

【0144】

時間 i の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号 A で送信された 2 ビットとしては、時間 i で得た 2 ビットを時間 i 、時間 j 、時間 k での受信データとする。また変調信号 B については、時間 i で送信された 2 ビットとしては時間 i で得た 2 ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 j 、 k で送信された 2 ビットは時間 j 、 k での変調信号 A で送信された 2 ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0145】

また、時間 j の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号 A で送信された 2 ビットとしては、時間 j で得た 2 ビットを時間 i 、時間 j 、時間 k での受信データとする。また変調信号 B については、時間 j で送信された 2 ビットとしては時間 j で得た 2 ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 i 、 k で送信された 2 ビットは時間 i 、 k での変調信号 A で送信された 2 ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0146】

さらに、時間 k の受信品質が最も良いと判断した場合、変調信号 A で送信された 2 ビットとしては、時間 k で得た 2 ビットを時間 i 、時間 j 、時間 k での受信データとする。また変調信号 B については、時間 k で送信された 2 ビットとしては時間 k で得た 2 ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間 i 、 j で送信された 2 ビットは時間 i 、 j での変調信号 A で送信された 2 ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0147】

このような処理を行うための復調部 523 の詳細構成例を、図 11 に示す。図 11 の変調信号 A、B 復調部 608 は、上記のように、時間 i 、時間 j 及び時間 k において変調信号 A で送信されたデータのうち、受信品質の最も良い時間の信号から復調したものを変調信号 A の受信デジタル信号 609 として出力する。また変調信号 A、B 復調部 608 は、第 1 の軟判定値信号 701 として、 $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を、第 2 の軟判定値信号 702 として $Z0000(j)$ 、 \dots 、 $Z1111(j)$ を、第 3 の軟判定値信号 1101 として $Z0000(k)$ 、 \dots 、 $Z1111(k)$ を出力する。また変調信号 A、B 復調部 608 は、時間 i 、時間 j 又は時間 k いずれかの変調信号 B の受信デジタル信号 525-1 を出力する。

【0148】

変調信号 B 復調部 703 は、第 1 の軟判定値信号 701 である $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ と、第 2 の軟判定値信号 702 である $Z0000(j)$ 、 \dots 、 $Z1111(j)$ と、第 3 の軟判定値信号 1101 である $Z0000(k)$ 、 \dots 、 $Z1111(k)$ とを入力とし、上記のように、時間 i と時間 j と時間 k の受信品質を基に、変調信号 B の復調を行うことにより、受信デジタル信号 525-1 を得た変調信号 B とは異なる時間の変調信号 B の受信デジタル信号 525-2 を得て、これを出力する。

【0149】

このように、図 9 (b) に示すようなフレーム構成を用いた場合には、図 8 に示すようなフレーム構成を用いた場合と比較して、受信品質の最も良い時間を、より多くの時間の中から選ぶことができるようになるので、一段と誤り率特性の良い変調信号 A、B の復調データを得ることができるようになる。

【0150】

(1-3) 変形例 3

ここでは、送信装置 300 によって送信するフレーム構成を、図 1 に換えて図 12 に示すようにする例を挙げる。図 12 のフレーム構成が図 1 のフレーム構成と異なる点は、変調信号 A において同一データを変調した信号 $S1(i)$ と $S1(i)'$ を送信する時間の差を、図 1 の場合には「1」としたのに対して、図 12 では n とした点である。

【0151】

ここで、 $h11(i) \rightleftharpoons h11(i+n)$ 、 $h12(i) \rightleftharpoons h12(i+n)$ 、 $h21$

(i) $\div h_{21}(i+n)$ 、 $h_{22}(i) \div h_{22}(i+n)$ の関係が成立するような n であれば、図1のフレーム構成の信号を送信した場合と同様に実施できる。つまり、時間 $i+1$ の動作を時間 $i+n$ の動作として考えれば同様に実施することができる。

【0152】

(1-4) 変形例4

ここでは、時間 i と時間 $i+1$ とで、変調信号 A の送信パワー又は変調信号 B の送信パワーを異なるようにすることを提案する。このようにすることで、上述した変調信号 A の信号点配置を時間 i と時間 $i+1$ で変える場合と同様に、時間 i と時間 $i+1$ とで受信品質を変えることができるようになるので、上述したフレーム構成を採用した場合と同様の効果を得ることができる。さらに、上述したフレーム構成と組み合わせた場合には、一段と各時間の受信品質の差を大きくすることができる。

【0153】

具体的には、時間 i において (1) 式が成り立つ変調信号 $S_1(i)$ 、 $S_2(i)$ を送信し、時間 $i+1$ においては、以下の (6) 式又は (7) 式が成り立つ変調信号 $rS_1(i)$ 、 $S_2(i+1)$ 又は変調信号 $S_1(i)$ 、 $rS_2(i+1)$ を送信する。

$$\begin{pmatrix} R_1(i+1) \\ R_2(i+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11}(i+1) & h_{12}(i+1) \\ h_{21}(i+1) & h_{22}(i+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} rS_1(i) \\ S_2(i+1) \end{pmatrix} \dots (6)$$

$$\begin{pmatrix} R_1(i+1) \\ R_2(i+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11}(i+1) & h_{12}(i+1) \\ h_{21}(i+1) & h_{22}(i+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1(i) \\ rS_2(i+1) \end{pmatrix} \dots (7)$$

(6) 式と (7) 式の違いは、変調信号 A (S_1) の送信パワーを変化させるか、又は変調信号 B (S_2) のどちらの送信パワーを変化させるかである。なおこのように、送信パワーを変化させて受信品質を変化させることは、以下の実施の形態と組み合わせて実施することもできる。

【0154】

(1-5) 変形例5

なお、送信装置の構成は図3の構成の構成に限らず、変調部304の構成も図4の構成に限らない。要は、第1の変調部と第2の変調部を設け、第1の変調部によって第1の送信データの同一データを信号点配置を変えて、又は時間間隔を数シンボル隔てて複数回変調することにより第1の変調信号を形成し、第2の変調部によって、第2の送信データを時系列で変調することにより第2の変調信号を形成し、この第1及び第2の変調信号を異なるアンテナから送信するようにすればよい。

【0155】

また受信装置の構成は図5の構成に限らず、復調部523の構成も図5、図6、図7の構成に限ったものではない。要は、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た変調信号 A (すなわち同一データを複数回変調して送信された変調信号) の復調結果を変調信号 A の受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の変調信号 A の受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された変調信号 B の受信デジタル信号を得るようにすればよい。

【0156】

また各アンテナは、複数のアンテナにより一つのアンテナを構成してもよい。また上述した実施の形態では、変調信号数とアンテナ数を同じにした場合について説明したが、変調信号数 n ($n \geq 2$) よりも多くのアンテナを設け、送信アンテナを切り替えて使用するようにしてもよい。このようにすれば、送信アンテナを切り替えることで、各時間での受信品質を一段と異なるようにすることができる。これは、後述する実施の形態の場合にも当てはまる。

【0157】

また上述した実施の形態では、受信品質を求めるための計算式として、例えば、 $R(i)$

$) = F(i) / S(i)$ 、 $R(i+1) = F(i+1) / S(i+1)$ 、 $R(i+2) = F(i+2) / S(i+2)$ 、 $R(j) = F(j) / S(j)$ 、 $R(k) = F(k) / S(k)$ を用いた場合について述べたが、これに限ったものではなく、例えば、 $R(i) = F(i) - S(i)$ 、 $R(i+1) = F(i+1) - S(i+1)$ 、 $R(i+2) = F(i+2) - S(i+2)$ 、 $R(j) = F(j) - S(j)$ 、 $R(k) = F(k) - S(k)$ といった計算式を用いても同様に受信品質を求めることができる。これは、後述する実施の形態にも当てはまる。ただし、このような計算式を用いた場合には、実施の形態で説明したものに対して大小関係は逆となる。つまり、 $R(i)$ が大きい方が受信品質は良いことになる。

【0158】

また上述した実施の形態では、変調信号Aで同一データを2回送信するフレーム構成及び3回送信するフレーム構成を提案したが、これに限らず、変調信号Aで同一データを n ($n \geq 4$) 回送信するフレーム構成においても同様に実施することができる。ここで n の数を多くするほど、変調信号Aで送信可能な見かけ上のデータ伝送速度は低下するが、変調信号A、Bを復調したときの誤り率特性は向上するので、電波伝搬環境が悪いほど n を多く設定すれば、実質的なデータ伝送速度を上げることもできるようになる。

【0159】

また上述した実施の形態では、スペクトル拡散方式を用いたときを例に説明したが、これに限らず、スペクトル拡散を行わないシングルキャリア方式においても同様に実施することができる。このとき、送信装置は拡散部を省略した構成とし、受信装置は逆拡散部を省略した構成とすればよい。また、OFDM方式を例とするマルチキャリア方式においても各キャリアにおいて本実施の符号化を施すことができる。例えば、OFDM方式を用いた場合、送信装置はOFDM方式を用いた変調信号を生成するために逆フーリエ変換部を加えた構成とし、受信装置はフーリエ変換部を加えた構成とすればよい。これは、後述する実施の形態にも当てはまる。

【0160】

また上述した実施の形態では、変調信号Aと変調信号Bの符号化を時間軸方向に対して行った。つまり、上述した実施の形態の例では、変調信号Aにおいて、異なる時間に同一のデータの変調信号を送信している。しかし、本実施の形態の符号化（変調信号の送信フレームへの配置）は、特に、OFDM方式を例とするマルチキャリア方式を用いた場合、周波数軸方向に行うことができる。つまり、変調信号Aを、異なるキャリアに複数同一データのシンボルを配置したものとすればよい。

【0161】

また上述した実施の形態では、変調信号Aの受信品質（誤り率特性）を向上させることで、変調信号Bの受信品質（誤り率特性）も向上させるようになっている。上述した実施の形態に加えて、変調信号Aに対して、ブロック符号、ビタビ符号やターボ符号などの畳み込み符号、LDPC (Low-Density Parity-Check) 符号などの符号化を施すようにすれば、受信信号Aの受信品質をさらに向上させることができるので、変調信号Bの受信品質もさらに向上させることができる。これは、後述する実施の形態にも当てはまる。

【0162】

ただし、ブロック符号、ビタビ符号やターボ符号などの畳み込み符号、LDPC符号などの誤り訂正符号は、変調信号Aのみに施す場合に限らず、変調信号A、Bの両方に施すようにしてもよい。この場合、変調信号Aを復号後、変調信号Bを復号することになる。

【0163】

さらに上述した実施の形態では、2本のアンテナから2つの変調信号を送信する構成を例に説明したが、本発明はこれに限らず、アンテナ n 本から n 個の変調信号を送信するフレーム構成において、 n 個の変調信号のうちの少なくとも1つの変調信号を、同一のデータを複数回、異なる周波数、あるいは、異なる時間を用いて送信するようにすればよい。これは、後述する実施の形態にも当てはまる。

【0164】

(2) 実施の形態 2

実施の形態 1 では、2つのアンテナを用いてそれぞれ異なる2つの変調信号を送信するにあたって、一方の変調信号についてのみ同一のデータを複数回送信することを提案した。これに対して、本実施の形態では、3つのアンテナを用いてそれぞれ異なる3つの変調信号を送信するにあたって、3つの変調信号のうち1つ又は2つの変調信号について同一のデータを複数回送信することを提案すると共に、その具体的なフレーム構成及び装置構成について説明する。

【0165】

図1(a)との対応部分に同一符号を付して示す図14に、本実施の形態における変調信号のフレーム構成の一例を示す。本実施の形態では、変調信号A、変調信号Bと同時に、変調信号Cを送信する。変調信号Cは、電波伝搬環境推定シンボル1401を含む。1402、1403はデータシンボルを示す。変調信号Cの時点*i*のデータシンボル1402(S3(*i*))と時点*i*+1のデータシンボル1403(S3(*i*+1))は、変調信号Bと同様に、互いに異なるデータを同一のマッピング規則に従って信号点配置したものである。すなわち、変調信号Aのみ同一のデータを信号点配置を変えて複数回送信する特殊な信号とし、変調信号B、Cを一般的な変調信号とする。

【0166】

図16に、本実施の形態による送信アンテナ1601、1602、1603と、受信アンテナ1604、1605、1606と、これらの送受信アンテナ間の伝搬路との関係を示す。

【0167】

図3との対応部分に同一符号を付して示す図17に、本実施の形態における送信装置の構成例を示す。送信装置1700において、変調部1702は、送信デジタル信号1701、フレーム構成信号324を入力とし、送信直交ベースバンド信号1703を出力する。拡散部1704は、送信直交ベースバンド信号1703を拡散し、拡散後の送信直交ベースバンド信号1705を出力する。

【0168】

無線部1706は、拡散後の送信直交ベースバンド信号1705をベースバンド周波数から無線周波数に変換し、変換後の変調信号1707を出力する。電力増幅器1708は、変調信号1707の電力を増幅し、増幅後の変調信号1709を出力する。変調信号1709は、アンテナ1603から電波として出力される。

【0169】

図5との対応部分に同一符号を付して示す図18に、本実施の形態における受信装置の構成例を示す。受信装置1800において、無線部1803は、アンテナ1606で受信した受信信号1802を入力とし、受信直交ベースバンド信号1804を出力する。逆拡散部1805は、受信直交ベースバンド信号1804を入力とし、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1806を出力する。

【0170】

変調信号A伝送路推定部1807は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1806を入力とし、変調信号Aの伝送路推定信号1808を出力する。変調信号B伝送路推定部1809は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1806を入力とし、変調信号Bの伝送路推定信号1810を出力する。

【0171】

変調信号C伝送路推定部1811は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1806を入力とし、変調信号Cの伝送路推定信号1812を出力する。変調信号C伝送路推定部1813は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506を入力とし、変調信号Cの伝送路推定信号1814を出力する。変調信号C伝送路推定部1815は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号516を入力とし、変調信号Cの伝送路推定信号1816を出力する。

【0172】

フレーム同期部 521 は逆各拡散後の受信直交ベースバンド信号 506、516、1806 を入力とし、フレーム構成信号 522 を出力する。

【0173】

復調部 1820 は、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 506、516、1806、変調信号 A の伝送路推定信号 508、518、1808、変調信号 B の伝送路推定信号 510、520、1810、変調信号 C の伝送路推定信号 1812、1814、1816、フレーム構成信号 522 を入力とし、変調信号 A、変調信号 B、変調信号 C の復調を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525、変調信号 C の受信デジタル信号 1817 を得、これを出力する。

【0174】

図 19 に、復調部 1820 の詳細構成を示す。変調信号 A、B、C 復調部 1913 は、変調信号 A の伝送路推定信号 1901、1905、1909、変調信号 B の伝送路推定信号 1902、1906、1910、変調信号 C の伝送路推定信号 1903、1907、1911、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 1904、1908、1912、フレーム構成信号 522 を入力とし、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525-1、変調信号 C の受信デジタル信号 1817-1、第 1 の軟判定値信号 1917、第 2 の軟判定値信号 1918 を出力する。

【0175】

変調信号 B、C 復調部 1919 は、第 1 の軟判定値信号 1917、第 2 の軟判定値信号 1918、フレーム構成信号 522 を入力とし、変調信号 B の受信デジタル信号 525-2、変調信号 C の受信デジタル信号 1817-2 を出力する。

【0176】

次に本実施の形態の動作について説明する。

【0177】

上述したように本実施の形態の送信装置 1700 は、3 つの変調信号 A、B、C をそれぞれアンテナから送信するにあたって、変調信号 A についてのみ、マッピングパターン（信号点配置）を変えて同一のデータを複数回送信する。これにより、時空間ブロック符号を用いる場合と比較すると、時空間ブロック符号では複数のアンテナで繰り返し同一情報を送信するのに対して、送信装置 1700 は 3 つのアンテナのうち 1 つのアンテナからのみデータを繰り返し送信しているので、時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保つことができる。

【0178】

また受信装置 1800 では、このような信号を受信することで、変調信号 A、B、C の全てを誤り率特性良く復調することができる。すなわち、このような信号の受信時には、受信した変調信号の信号点配置が時間 i と時間 $i+1$ とで変わるため、時間 i における変調信号 A、変調信号 B 及び変調信号 C の復調の精度と、時間 $i+1$ における変調信号 A、変調信号 B 及び変調信号 C の復調の精度が異なるようになる。そして、復調の精度の良い時間で変調信号 A を復調し、その結果を利用して変調信号 B 及び変調信号 C の復調を行うことで、変調信号 B 及び変調信号 C の復調の精度を向上させることができる。

【0179】

受信装置 1800 の動作について詳しく説明する。

【0180】

先ず、受信装置 1800 は、電波伝搬環境推定シンボルを用いて、各送受信アンテナ間でのチャンネル変動を推定する。ここで図 16 の送受信アンテナの関係があるとき、送信アンテナ i から受信アンテナ j へのチャンネル変動を h_{ji} とあらわすと、受信アンテナ j の受信信号を R_j とすると、時間 i における送受信信号の関係式は次式のように表すことができる。

$$\begin{pmatrix} R1(i) \\ R2(i) \\ R3(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i) & h12(i) & h13(i) \\ h21(i) & h22(i) & h23(i) \\ h31(i) & h32(i) & h33(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i) \\ S2(i) \\ S3(i) \end{pmatrix} \dots\dots(8)$$

【0181】

同様に、時間 $i+1$ において、次式のような関係が成立する。

$$\begin{pmatrix} R1(i+1) \\ R2(i+1) \\ R3(i+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i+1) & h12(i+1) & h13(i+1) \\ h21(i+1) & h22(i+1) & h23(i+1) \\ h31(i+1) & h32(i+1) & h33(i+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i)' \\ S2(i+1) \\ S3(i+1) \end{pmatrix} \dots(9)$$

(8) 式の関係から、 $S1(i)$ 、 $S2(i)$ 、 $S3(i)$ を得ることができると共に
(9) 式の関係から $S1(i)'$ 、 $S2(i+1)$ 、 $S3(i+1)$ を得ることができる。

【0182】

実施の形態 1 と同様に、 $h11(i) \div h11(i+1)$ 、 $h12(i) \div h12(i+1)$ 、 $h13(i) \div h13(i+1)$ 、 $h21(i) \div h21(i+1)$ 、 $h22(i) \div h22(i+1)$ 、 $h23(i) \div h23(i+1)$ 、 $h31(i) \div h31(i+1)$ 、 $h32(i) \div h32(i+1)$ 、 $h33(i) \div h33(i+1)$ が成立する。

【0183】

このとき、(8) 式と (9) 式の行列は、ほぼ等しい行列であるが、 $(S1(i), S2(i), S3(i))$ のベクトルと $(S1(i)', S2(i+1), S3(i+1))$ のベクトルが異なるため、得られるデータの確からしさが異なることになる。

【0184】

本実施の形態の送信装置 1700 及び受信装置 1800 では、この特性を利用し、受信データの品質を向上させるようになされている。

【0185】

受信装置 1800 の具体的な復調 (復号) 手順は、以下の通りである。

<1> 時間 i の検波を行い、 $(S1(i), S2(i), S3(i))$ を得る。

<2> 時間 $i+1$ の検波を行い、 $(S1(i)', S2(i+1), S3(i+1))$ を得る。

<3> 時間 i 及び時間 $i+1$ の受信品質を比較する。

【0186】

時間 i の受信品質の方が良い場合、時間 i の検波で得た $(S1(i), S2(i), S3(i))$ のデータをそのまま使う。そして、時間 i の検波で得た $S1(i)$ から時間 $i+1$ の $S1(i)'$ を推定し、その結果を利用して、 $S2(i+1)$ 、 $S3(i+1)$ を得る。

【0187】

時間 $i+1$ の受信品質の方が良い場合、時間 $i+1$ の検波で得た $(S1(i)', S2(i+1), S3(i+1))$ のデータをそのまま使う。そして、時間 $i+1$ の検波で得た $S1(i)'$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用して、 $S2(i)$ 、 $S3(i)$ を得る。

【0188】

受信装置 1800 においては、復調部 1820 でこのような復調処理を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 524、変調信号 B の受信デジタル信号 525、変調信号 C の受信デジタル信号 1817 を得る。

【0189】

この実施の形態の例では、変調信号 A、変調信号 B、変調信号 C がともに QPSK 変調された信号なので、同一時間に、変調信号 A で 2 ビット、変調信号 B で 2 ビット、変調信

号Cで2ビットの計6ビットが送信可能である。つまり、000000, 000001, ..., 111111が送信可能である。ただし、上位2ビットは変調信号Aで送信された2ビット、中位2ビットは変調信号B、下位2ビットは変調信号Cで送信された2ビットとする。

【0190】

先ず、復調部1820の全体的な動作を説明する。

【0191】

復調部1820は、先ず図14の時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号508、変調信号Bの伝送路推定信号510、変調信号Cの伝送路推定信号1814を用いて、000000, 000001, ..., 111111の64個の信号点のI-Q平面における信号点（候補信号点）を求める。また復調部1820は、逆拡散部505から逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506を入力し、この受信直交ベースバンド信号506からI-Q平面における受信状態（受信信号点）を求める。

【0192】

次に、復調部1820は、64個すべての信号点に関して、I-Q平面における受信信号点との例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット000000の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $X000000(i)$ を求め、同様に送信ビット000001、..., 111111の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $X000001(i)$ 、..., $X111111(i)$ を求める。

【0193】

同様に、復調部1820は、図14の時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号518、変調信号Bの伝送路推定信号520、変調信号Cの伝送路推定信号1816を用いて、000000, 000001, ..., 111111の64個の信号点のI-Q平面における信号点（候補信号点）を求める。また復調部1820は、逆拡散部515から逆拡散後の受信直交ベースバンド信号516を入力し、この受信直交ベースバンド信号516からI-Q平面における受信状態（受信信号点）を求める。

【0194】

次に、復調部1820は、64個すべての信号点に関して、I-Q平面における受信信号点との例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット000000の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $Y000000(i)$ を求め、同様に送信ビット000001、..., 111111の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $Y000001(i)$ 、..., $Y111111(i)$ を求める。

【0195】

同様に、復調部1820は、図14の時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号1808、変調信号Bの伝送路推定信号1810、変調信号Cの伝送路推定信号1812を用いて、000000, 000001, ..., 111111の64個の信号点のI-Q平面における信号点（候補信号点）を求める。また復調部1820は、逆拡散部1805から逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1806を入力し、この受信直交ベースバンド信号1806からI-Q平面における受信状態（受信信号点）を求める。

【0196】

次に、復調部1820は、64個すべての信号点に関して、I-Q平面における受信信号点との例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット000000の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $Z000000(i)$ を求め、同様に送信ビット000001、..., 111111の信号点と受信信号点との距離の2乗値 $Z000001(i)$ 、..., $Z111111(i)$ を求める。

【0197】

次に、復調部1820は、 $X000000(i)$ と $Y000000(i)$ と $Z(000000)$ の和 $K000000(i) = X000000(i) + Y000000(i) + Z000000(i)$ を求め、同様に $K000001(i)$ 、..., $K111111(i)$ を求める。復調部1820は、同様に、時間*i*+1についても $K000000(i$

+1)、K000001(i+1)、・・・、K111111(i+1)を求める。

【0198】

次に、復調部1820は、時間iと時間i+1との受信データの確からしさの比較を行う。

【0199】

例えば、K000000(i)、K000001(i)、・・・、K111111(i)の中から、最も小さい値を探索する。その値をF(i)とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値をS(i)とする。

【0200】

同様に、K000000(i+1)、K000001(i+1)、・・・、K111111(i+1)の中から、最も小さい値を探索する。その値をF(i+1)とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値をS(i+1)とする。

【0201】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、および、 $R(i+1) = F(i+1) / S(i+1)$ を求める。

【0202】

復調部1820は、 $R(i+1) > R(i)$ のとき、時間iの方が受信品質が良いと判断し、F(i)を与える6ビットを正しいデータと判断する。そして、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間iで得た2ビットを時間i及び時間i+1での受信データとする。また変調信号B、Cについては、それぞれ、時間iで送信された2ビットとしては時間iで得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間i+1で送信された2ビットは時間i+1での変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0203】

例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、K000000(i+1)、K000001(i+1)、K000010(i+1)、K000011(i+1)、K000100(i+1)、K000101(i+1)、K000110(i+1)、K000111(i+1)、K001000(i+1)、K001001(i+1)、K001010(i+1)、K001011(i+1)、K001100(i+1)、K001101(i+1)、K001110(i+1)、K001111(i+1)の16点の中から最も値が小さくなるものを探索することで、時間i+1に変調信号Bで送信された2ビット及び変調信号Cで送信された2ビットを判定する。

【0204】

変調信号Aで送信された2ビットが01、10、11のときも同様にして、時間i+1に変調信号Bで送信された2ビット及び変調信号Cで送信された2ビットを判定する。

【0205】

復調部1820は、 $R(i) > R(i+1)$ のとき、時間i+1の方が受信品質が良いと判断し、F(i+1)を与える6ビットを正しいデータと判断する。そして、変調信号Aで送信された2ビットとしては、時間i+1で得た2ビットを時間i及び時間i+1での受信データとする。また変調信号B、Cについては、それぞれ、時間i+1で送信された2ビットとしては時間i+1で得た2ビットをそのまま受信データとするのに対して、時間iで送信された2ビットは時間iでの変調信号Aで送信された2ビットが既に判定されているのを利用して判定する。

【0206】

例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、K000000(i)、K000001(i)、K000010(i)、K000011(i)、K000100(i)、K000101(i)、K000110(i)、K000111(i)、K001000(i)、K001001(i)、K001010(i)、K001011(i)、K001100(i)、K001101(i)、K001110(i)、K001111(i)の16点の中から最も値の小さくなるものを探索することで、時間iに変調信

号Bで送信された2ビット及び変調信号Cで送信された2ビットを判定する。

【0207】

変調信号Aで送信された2ビットが01、10、11のときも同様にして、時間iに変調信号Bで送信された2ビット及び変調信号Cで送信された2ビットを判定する。

【0208】

次に、復調部1820を、図19のように構成した場合の動作について説明する。

【0209】

変調信号A、B、C復調部1913は、上記のように、時間i及び時間i+1において変調信号Aで送信されたデータのうち、受信品質の良い方の時間の信号から復調したものを変調信号Aの受信デジタル信号524として出力する。また時間i、時間i+1いずれかの変調信号Bの受信デジタル信号525-1、変調信号Cの受信デジタル信号1817-1を出力する。さらに第1の軟判定値信号1917としてK000000(i)、・・・、K111111(i)を出力すると共に、第2の軟判定値信号1918としてK000000(i+1)、・・・、K111111(i+1)を出力する。

【0210】

変調信号B、C復調部1919は、第1の軟判定値信号1917であるK000000(i)、・・・、K111111(i)と第2の軟判定値信号1918であるK000000(i+1)、・・・、K111111(i+1)を入力とし、上記のように、時間iと時間i+1の受信品質を基に、変調信号B、変調信号Cの復調を行うことにより、受信デジタル信号525-1を得た変調信号Bとは異なる時間の変調信号Bの受信デジタル信号525-2を得ると共に受信デジタル信号1817-1を得た変調信号Cとは異なる時間の変調信号Cの受信デジタル信号1817-2を得る。

【0211】

かくして本実施の形態によれば、それぞれ異なるアンテナから送信する変調信号A、B、Cのうち、変調信号Aは同一のデータを信号点配置を変えて複数回変調して形成すると共に、変調信号B、Cは同一のデータを信号点配置を変えて複数回変調することなく時系列のデータを順次変調して形成する（すなわち通常の変調を施して形成する）ようにしたことにより、時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保ちつつ、複数回送信されたデータ系列の誤り率特性を向上させることができるので結果として3系統全ての誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0212】

実際には受信側では、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た変調信号Aの復調結果を変調信号Aの受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の変調信号Aの受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された変調信号B、Cの受信デジタル信号を得るようにしたことにより、受信品質の悪い時間に受信された変調信号B、Cの誤り率特性も向上させることができる。

【0213】

(2-1) 変形例1

なお本実施の形態では、送信装置1700によって送信するフレーム構成を、図14のようにした場合について説明したが、送信するフレーム構成を、図15に示すようにしてもよい。図15のフレーム構成が図14のフレーム構成と異なる点は、変調信号Aにおいて同一データを変調した信号S1(i)を送信する時間の差を、図14の場合には小さくしたのに対して、図15では非常に大きくしている点である。

【0214】

これにより、時間iと時間jとでは、電波伝搬環境が全く異なるようになる。これを考慮して、図15の場合には時間jで送信する変調信号Aの信号点配置を、時間iで送信する変調信号Aの信号点配置と同じにしている。これは、敢えて変調信号Aの信号点配置を変えなくても、時間iと時間jの受信品質は、電波伝搬環境の違いにより、ある程度異なるものになると考えたためである。

【0215】

この結果、受信品質の良い時間の受信信号を基に得た変調信号Aの復調結果を変調信号Aの受信デジタル信号とすると共に、既に判定した受信品質の良い時間の変調信号Aの受信デジタル信号を利用して受信品質の悪い時間の受信信号から当該受信品質の悪い時間に受信された変調信号B、Cの受信デジタル信号を得るようにすれば、図14のフレーム構成の信号を送信した場合と同様に、受信品質の悪い時間に受信された変調信号B、Cの誤り率特性も向上させることができる。

【0216】

具体的に説明する。時間*i*において、上記(8)式が成立する。同様に、時間*j*において、次式の関係が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(j) \\ R2(j) \\ R3(j) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(j) & h12(j) & h13(j) \\ h21(j) & h22(j) & h23(j) \\ h31(j) & h32(j) & h33(j) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1(i) \\ S2(j) \\ S3(j) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(10)$$

(10)式における*h*11(*j*)、*h*12(*j*)、*h*13(*j*)、*h*21(*j*)、*h*22(*j*)、*h*23(*j*)、*h*31(*j*)、*h*32(*j*)、*h*33(*j*)は、受信装置1800において、例えば図15の電波伝搬環境推定シンボル801、802、1503を用いて推定する。ここで、時間*i*と*j*では、電波伝搬環境が異なるので、*h*11(*i*)≠*h*11(*j*)、*h*12(*i*)≠*h*12(*j*)、*h*13(*i*)≠*h*13(*j*)、*h*21(*i*)≠*h*21(*j*)、*h*22(*i*)≠*h*22(*j*)、*h*23(*i*)≠*h*23(*j*)、*h*31(*i*)≠*h*31(*j*)、*h*32(*i*)≠*h*32(*j*)、*h*33(*i*)≠*h*33(*j*)が成立する。従って、時間*i*と*j*での受信品質は全く異なることになる。

【0217】

以上を考慮し、時間*i*と時間*j*のI-Q平面における信号点配置について説明する。

【0218】

変調信号AのI-Q平面における信号点配置の一例を、図2である。図15に示すフレーム構成を採った場合、時間*i*と*j*の信号点配置は、共に図2(a)でもよいし、時間*i*では図2(a)、時間*j*では図2(b)のように異なってもよい。これは、図14のフレーム構成のときとは異なり、時間*i*と*j*とでは電波伝搬環境が異なるため、時間*i*と*j*で、敢えて信号点配置を変えなくても、時間*i*と時間*j*とで受信品質が異なるようになるためである。

【0219】

以下では、復号化の手順について詳しく説明するが、図14のフレーム構成の動作と同様に考えることができる。つまり、時間*i*+1の動作を時間*j*に置き換えて考えればよい。

<1>時間*i*の検波を行い、(*S*1(*i*), *S*2(*i*), *S*3(*i*))を得る。

<2>時間*j*の検波を行い、(*S*1(*i*), *S*2(*j*), *S*3(*j*))を得る。

<3>時間*i*及び時間*j*の受信品質を比較する。

【0220】

時間*i*の受信品質の方が良い場合、時間*i*の検波で得た(*S*1(*i*), *S*2(*i*), *S*3(*i*))のデータをそのまま使う。そして、時間*i*の検波で得た*S*1(*i*)から時間*j*の*S*1(*i*)を推定し、その結果を利用して、*S*2(*j*)、*S*3(*j*)を得る。

【0221】

時間*j*の受信品質の方が良い場合、時間*j*の検波で得た(*S*1(*i*), *S*2(*j*), *S*3(*j*))のデータをそのまま使う。そして、時間*j*の検波で得た*S*1(*i*)から時間*i*の*S*1(*i*)を推定し、その結果を利用して、*S*2(*i*), *S*3(*i*)を得る。

【0222】

受信装置1800においては、復調部1820でこのような処理を行うことにより、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525、変調信

号Cの受信デジタル信号1817を得る。

【0223】

なお図15のフレーム構成の送信信号を受信した際の復調部1820での詳細な動作は、図14のフレーム構成について上述した時間*i*+1の動作を時間*j*に置き換えて考えればよいだけなので、省略する。ただし、上述した時間*i*+1と時間*j*での処理においては、時間*i*+1では図14の電波伝搬環境推定シンボル101、104、1401を用いて得た信号点（候補信号点）に基づいて時間*i*+1でのデータの確からしさを判定したのに対して、時間*j*では図15の電波伝搬環境推定シンボル801、803、1503を用いて得た信号点（候補信号点）に基づいて時間*j*でのデータの確からしさを判定する点が異なる。

【0224】

(2-2) 変形例2

ここでは、送信装置1700によって送信するフレーム構成を、図14に換えて図20に示すようにする例を挙げる。図20のフレーム構成が図14のフレーム構成と異なる点は、変調信号Aにおいて同一データを変調した信号*S*1(*i*)と*S*1(*i*)'を送信する時間の差を、図14の場合には「1」としたのに対して、図20では*n*とした点である。

【0225】

ここで、 $h_{11}(i) \div h_{11}(i+n)$ 、 $h_{12}(i) \div h_{12}(i+n)$ 、 $h_{21}(i) \div h_{21}(i+n)$ 、 $h_{22}(i) \div h_{22}(i+n)$ の関係が成立するような*n*であれば、図14のフレーム構成の信号を送信した場合と同様の効果を得ることができる。つまり、時間*i*+1の動作を時間*i*+*n*の動作として考えれば同様に実施することができる。

【0226】

(2-3) 変形例3

ここでは、送信装置1700によって送信するフレーム構成を、図14に換えて図21に示すようにすることを提案する。図21のフレーム構成を説明する。変調信号Aでは、時間*i*、*i*+1、*i*+2、*i*+3において同一の情報を送信する。そして、*S*1(*i*)の信号点配置は例えば図2の(a)とし、*S*1(*i*)'の信号点配置は図2(b)とし、*S*1(*i*)"の信号点配置は図2(c)とし、*S*1(*i*)"'の信号点配置は図2(a)(b)(c)とは異なる配置とする。このように、変調信号Aにおいて、時間*i*、*i*+1、*i*+2、*i*+3において、同一情報を異なる信号点配置で送信する。ただし、必ずしも異なる信号点配置とする必要はない。しかし、異なる信号点配置で送信すると、時間*i*、*i*+1、*i*+2、*i*+3の受信品質が異なるようになる可能性が高くなるという効果がある。

【0227】

変調信号Bでは、時間*i*、*i*+1で同一の情報を送信すると共に、時間*i*+2、*i*+3で同一の情報を送信する。例えば、時間*i*では*S*2(*i*)を、図2(a)の信号点配置で送信する。時間*i*+1では*S*2(*i*)'を、図2(b)の信号点配置で送信する。時間*i*+2では*S*2(*i*+2)を、図2(a)の信号点配置で送信する。時間*i*+3では*S*2(*i*+2)'を、図2(b)の信号点配置で送信する。

【0228】

変調信号Cでは、時間*i*、*i*+1、*i*+2、*i*+3において、異なる情報を送信する。変調信号Cの信号点配置は、例えば図2(a)のようにする。

【0229】

以上のように、変調信号Aでは4回同一情報を送信し、変調信号Bでは2回同一の情報を送信する。このように、変調信号Aと変調信号Bで同一の情報を送信する回数を変えることで、変調信号Aを復調し、次に、変調信号Bを復調し、次に、変調信号Cを復調するというような復調操作が可能となる。これにより、実施の形態の場合よりも一段と受信品質を向上させることができると共に、データの伝送速度を向上させることができるようになる。

【0230】

図21に示すフレーム構成の信号は、例えば図22に示す構成の送信装置2200によって形成することができる。図17との対応部分に同一符号を付して示す図22において、送信装置2200が、図17の送信装置1700と異なる点は、符号化部2201を有する点である。

【0231】

符号化部2201は、変調信号Bの送信デジタル信号313、フレーム構成信号324を入力とし、図21のフレーム構成にしたがって送信デジタル信号313を符号化することで符号化された変調方式Bの送信デジタル信号2202を得、これを出力する。

【0232】

送信装置2200から送信された、図21のフレーム構成の送信信号は、図18に示す受信装置1800によって受信される。そして、図21のフレーム構成の送信信号を復調する場合には、復調部1820を、例えば図23に示すように構成すればよい。

【0233】

図23の復調部1820について説明する。

【0234】

変調信号A復調部2301は、変調信号Aの伝送路推定信号508、518、1808、変調信号Bの伝送路推定信号510、520、1810、変調信号Cの伝送路推定信号1814、1816、1812、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号506、516、1806、フレーム構成信号522を入力とし、変調信号Aの受信デジタル信号524、第1の軟判定値信号2303、第2の軟判定値信号2304、第3の軟判定値信号2305、第4の軟判定値信号2306を出力する。

【0235】

変調信号B復調部2307は、第1の軟判定値信号2303、第2の軟判定値信号2304、第3の軟判定値信号2305、第4の軟判定値信号2306、変調信号Aの受信デジタル信号524、フレーム構成信号522を入力とし、変調信号Bの受信デジタル信号525、第1の軟判定値信号2309、第2の軟判定値信号2310、第3の軟判定値信号2311、第4の軟判定値信号2312を出力する。

【0236】

変調信号C復調部2313は、第1の軟判定値信号2309、第2の軟判定値信号2310、第3の軟判定値信号2311、第4の軟判定値信号2312、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525、フレーム構成信号522を入力とし、変調信号Cの受信デジタル信号1817を出力する。

【0237】

次に、図21のフレーム構成の送信信号を受信したときの、復調部1820の動作について説明する。変調信号A復調部2301は、図21のフレーム構成における時間*i*、*i*+1、*i*+2、*i*+3における変調信号を用いて、変調信号Aの復調することで変調信号Aの受信デジタル524を、また時間*i*の軟判定値信号を第1の軟判定値信号2303として、時間*i*+1の軟判定値信号を第2の軟判定値信号2304として、時間*i*+2の軟判定値信号を第3の軟判定値信号2305として、時間*i*+3の軟判定値信号を第4の軟判定値信号2306として出力する。

【0238】

次に、変調信号B復調部2307は、第1の軟判定値信号2303、第2の軟判定値信号2304、第3の軟判定値信号2305、第4の軟判定値信号2306、変調信号Aの受信デジタル信号524を入力とし、変調信号Aの受信デジタル信号524の結果を利用し、かつ第1の軟判定値信号2303、第2の軟判定値信号2304を用いて、図21の変調信号Bの時間*i*、*i*+1で送信された情報*S*2(*i*)、*S*2(*i*)'を復調する。また、変調信号Aの受信デジタル信号524の結果を利用し、かつ第3の軟判定値信号2305、第4の軟判定値信号2306を用いて、図21の変調信号Bの時間*i*+2、*i*+3で送信された情報*S*2(*i*+2)、*S*2(*i*+2)'を復調する。そして、これら

の復調結果を変調信号Bの受信デジタル信号525として出力する。

【0239】

変調信号C復調部2313は、第1の軟判定値信号2309、第2の軟判定値信号2310、第3の軟判定値信号2311、第4の軟判定値信号2312、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を入力とし、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を利用し、かつ第1の軟判定値信号2309を用いて、時間*i*で送信された変調信号Cの情報S3(*i*)を復調する。同様に、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を利用し、かつ第2の軟判定値信号2310を用いて、時間*i*+1の変調信号Cで送信された情報S3(*i*+1)を復調する。同様に、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を利用し、かつ第3の軟判定値信号2311を用いて、時間*i*+2の変調信号Cで送信された情報S3(*i*+2)を復調する。同様に、変調信号Aの受信デジタル信号524、変調信号Bの受信デジタル信号525を利用し、かつ第4の軟判定値信号2312を用いて、時間*i*+3の変調信号Cで送信された情報S3(*i*+3)を復調する。

【0240】

かくして、変調信号Aおよび変調信号Bにおいて同一データの変調信号を複数回送信し、変調信号Aの同一データの送信回数を変調信号Bの同一データの送信回数より多くするようにしたことにより、受信側において、先ず変調信号Aの復調を行い、次に変調信号Aの復調結果に基づいて変調信号Bの復調を行い、次に変調信号A及び変調信号Bの復調結果に基づいて変調信号Cの復調を行うことで、変調信号A、B、C全てにおいて誤り率特性の良い復調データを得ることができる。また時空間ブロック符号を用いた場合よりもデータ伝送速度を高く保ちつつ、誤り率特性を向上させることができる。

【0241】

(2-4) 変形例4

ここでは、送信装置1700によって送信するフレーム構成を、図24に示すようにすることを提案する。なお図24では、図21と対応する部分には図21と同一符号を付して示した。図24のフレーム構成が図21のフレーム構成と異なる点は、図21のフレーム構成では同一データの変調シンボルを時間1の間隔で送信するのに対して、図24のフレーム構成では同一データの変調シンボルを時間*n*の間隔で送信する点である。

【0242】

ここで $h_{11}(i) \div h_{11}(i+n) \div h_{11}(i+2n) \div h_{11}(i+3n)$ 、 $h_{12}(i) \div h_{12}(i+n) \div h_{12}(i+2n) \div h_{12}(i+3n)$ 、 $h_{13}(i) \div h_{13}(i+n) \div h_{13}(i+2n) \div h_{13}(i+3n)$ 、 $h_{21}(i) \div h_{21}(i+n) \div h_{21}(i+2n) \div h_{21}(i+3n)$ 、 $h_{22}(i) \div h_{22}(i+n) \div h_{22}(i+2n) \div h_{22}(i+3n)$ 、 $h_{23}(i) \div h_{23}(i+n) \div h_{23}(i+2n) \div h_{23}(i+3n)$ 、 $h_{31}(i) \div h_{31}(i+n) \div h_{31}(i+2n) \div h_{31}(i+3n)$ 、 $h_{32}(i) \div h_{32}(i+n) \div h_{32}(i+2n) \div h_{32}(i+3n)$ 、 $h_{33}(i) \div h_{33}(i+n) \div h_{33}(i+2n) \div h_{33}(i+3n)$ の関係が成立するような*n*であれば、図21のフレーム構成の信号を送信した場合と同様に実施できる。つまり、図21の時間*i*+1の動作を図24の時間*i*+*n*の動作、図21の時間*i*+2の動作を図24の時間*i*+2*n*の動作、図21の時間*i*+3の動作を図24の時間*i*+3*n*の動作として考えれば、図21のフレーム構成の説明と同様に実施することができる。

【0243】

(2-5) 変形例5

ここでは、送信装置1700によって送信するフレーム構成を、図25に示すようにすることを提案する。なお図25では、図21と対応する部分には図21と同一符号を付して示した。図24のフレーム構成が図21のフレーム構成と異なる点は、図21のフレーム構成では同一データの変調シンボルを時間1の間隔で送信するのに対して、図24のフ

フレーム構成では同一データの変調シンボルを時間 i 、 j 、 k 、 m で送信する点である。

【0244】

ここで $h_{11}(i) \neq h_{11}(j) \neq h_{11}(k) \neq h_{11}(m)$ 、 $h_{12}(i) \neq h_{12}(j) \neq h_{12}(k) \neq h_{12}(m)$ 、 $h_{13}(i) \neq h_{13}(j) \neq h_{13}(k) \neq h_{13}(m)$ 、 $h_{21}(i) \neq h_{21}(j) \neq h_{21}(k) \neq h_{21}(m)$ 、 $h_{22}(i) \neq h_{22}(j) \neq h_{22}(k) \neq h_{22}(m)$ 、 $h_{23}(i) \neq h_{23}(j) \neq h_{23}(k) \neq h_{23}(m)$ 、 $h_{31}(i) \neq h_{31}(j) \neq h_{31}(k) \neq h_{31}(m)$ 、 $h_{32}(i) \neq h_{32}(j) \neq h_{32}(k) \neq h_{32}(m)$ 、 $h_{33}(i) \neq h_{33}(j) \neq h_{33}(k) \neq h_{33}(m)$ の関係が成立する。

【0245】

図21の時間 $i+1$ の動作を図25の時間 j の動作、図21の時間 $i+2$ の動作を図25の時間 k の動作、図21の時間 $i+3$ の動作を図25の時間 m の動作と考えれば、図21のフレーム構成の説明と同様に実施することができる。ただし、図25のフレーム構成において、時間 j の電波伝搬環境を推定するためのシンボルは、電波伝搬環境推定シンボル2101、2106、2111とは別に必要となる。同様に、時間 k の電波伝搬環境を推定するためのシンボルは、電波伝搬環境推定シンボル2101、2106、2111とは別に必要となる。そして、時間 m の電波伝搬環境を推定するためのシンボルは、電波伝搬環境推定シンボル2101、2106、2111とは別に必要となる。

【0246】

(2-6) 変形例6

本実施の形態では、変調信号A、Bの変調方式をQPSKとして説明した。以下では、変調信号A、Bの変調方式の適した設定方法について言及する。

【0247】

例えば、変調信号A、Bの変調方式を16QAMとした場合、I-Q平面における信号点の密度が高くなるため、位相回転を与えてもユークリッド距離に大きな変化を与えることが困難であるため、受信品質の大きな改善を望むことはできない。

【0248】

この課題を解決する、つまり、位相回転を与え、ユークリッド距離に変化を与える方法として、変調信号Aの変調方式をBPSK、または、QPSKとし、変調信号Bの変調方式を8PSK、16QAM、64QAM、128QAM、256QAMとする方法が考えられる。このようにすると、受信した際、規則的に信号点が配置していることになるというメリットがある。そして、変調信号Aの送信パワーと変調信号Bの送信パワーを適した値に設定する必要がある。

【0249】

例えば、変調信号AがQPSK、変調信号16QAMのとき、変調信号Aの送信パワー：変調信号Bの送信パワー＝2：10と設定するとよい。

【0250】

変調信号AがQPSK、変調信号64QAMのとき、変調信号Aの送信パワー：変調信号Bの送信パワー＝2：42と設定するとよい。

【0251】

変調信号AがBPSK、変調信号16QAMのとき、変調信号Aの送信パワー：変調信号Bの送信パワー＝1：10と設定するとよい。

【0252】

変調信号AがBPSK、変調信号64QAMのとき、変調信号Aの送信パワー：変調信号Bの送信パワー＝1：42と設定するとよい。

【0253】

(2-7) 変形例7

なお、送信装置の構成は、図17、図22の構成に限ったものではない。また受信装置の構成は図18の構成に限ったものではなく、復調部の構成も図19、図23の構成に限ったものではない。

【0254】

また本実施の形態では、3種類の変調信号A、B、Cを送信するフレーム構成について説明したが、 n ($n \geq 4$) 個の異なる変調信号を送信する場合も同様に実施することができる。要は、 n 種類の変調信号の中で、データを複数回送信する変調信号が存在していれば、本実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0255】

またフレーム構成は、図14、図15、図20、図21、図24、図25に示したものに限らず、同一のデータを送信する変調信号が存在していれば同様の効果を得ることができる。また本実施の形態においては、変調信号Aにおいて同一データを2回送信するフレーム構成、4回送信するフレーム構成について、変調信号Bでは同一データを2回送信するフレーム構成で説明したが、これに限らず、各変調信号A、Bで同一データを n ($n \geq 4$) 回送信するフレーム構成においても同様に実施することができる。ここで n の数を多くするほど、変調信号A、Bで送信可能な見かけ上のデータ伝送速度は低下するが、変調信号A、B、Cを復調したときの誤り率特性は向上するので、電波伝搬環境が悪いほど n を多く設定すれば、実質的なデータ伝送速度を上げることもできるようになる。

【0256】

また本実施の形態では、変調信号A、変調信号B及び変調信号Cの符号化を時間軸方向に対して行った。つまり、本実施の形態の例では、変調信号Aにおいて、異なる時間に同一のデータの変調信号を送信している。しかし、本実施の符号化は、特に、OFDM方式を例とするマルチキャリア方式を用いた場合、周波数軸方向に行うことができる。例えば、変調信号Aを、異なるキャリアに複数同一のデータのシンボルを配置したものとするればよい。

【0257】

また本実施の形態では、変調信号Aの受信品質を向上させることで、変調信号B及び変調信号Cの受信品質も向上させるようになっている。また変調信号Bの受信品質を向上させることで、変調信号Cの受信品質も向上させるようになっている。本実施の形態に加えて、変調信号A、変調信号Bに対して、ブロック符号、ビタビ符号やターボ符号などの畳み込み符号、LDPC符号などの符号化を施すようにすれば、受信信号A、Bの受信品質をさらに向上させることができるので、変調信号Cの受信品質もさらに向上させることができる。

【0258】

ただし、ブロック符号、ビタビ符号やターボ符号などの畳み込み符号、LDPC符号などの誤り訂正符号は、変調信号AやBのみに施す場合に限らず、変調信号A、B、Cの全てに施すようにしてもよい。この場合、変調信号Aを復号後、変調信号B、Cを復号することになる。

【0259】

(3) 実施の形態3

本実施の形態では、実施の形態1、実施の形態2とOFDM方式とを組み合わせた場合について説明する。

【0260】

図26に、本実施の形態における送信装置の構成例を示す。符号化部2602は、変調信号Aの送信デジタル信号2601、フレーム構成信号2624を入力とし、符号化後の送信デジタル信号2603を出力する。変調部2625は、符号化後の送信デジタル信号2603、フレーム構成信号2624を入力とし、フレーム構成信号2624にしたがった送信直交ベースバンド信号2626を出力する。シリアルパラレル変換部2604は、送信直交ベースバンド信号2626、フレーム構成信号2624を入力とし、パラレル信号2605を出力する。逆フーリエ変換部2606は、パラレル信号2605を入力とし、逆フーリエ変換後の信号2607を出力する。無線部2608は、逆フーリエ変換後の信号2607をベースバンド周波数から無線周波数に変換し、変換後の変調信号2609を出力する。電力増幅器2610は、変調信号2609の電力を増幅し、増幅後の

変調信号 2611 を出力する。変調信号 2611 は、アンテナ 2612 から電波として出力される。

【0261】

変調部 2627 は、変調信号 B の送信デジタル信号 2613、フレーム構成信号 2624 を入力とし、送信直交ベースバンド信号 2628 を出力する。シリアルパラレル変換部 2614 は、送信直交ベースバンド信号 2628 を入力とし、パラレル信号 2615 を出力する。逆フーリエ変換部 2616 は、パラレル信号 2615 を入力とし、逆フーリエ変換後の信号 2617 を出力する。無線部 2618 は、逆フーリエ変換後の信号 2617 をベースバンド周波数から無線周波数に変換し、変換後の変調信号 2619 を出力する。電力増幅器 2620 は、変調信号 2619 の電力を増幅し、増幅後の変調信号 2621 を出力する。変調信号 2621 は、アンテナ 2622 から電波として出力される。

【0262】

図 27 に、本実施の形態における受信装置の構成例を示す。無線部 2703 は、アンテナ 2701 で受信した受信信号 2702 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 2704 を出力する。フーリエ変換部 2705 は、受信直交ベースバンド信号 2704 を入力とし、フーリエ変換後の信号 2706 を出力する。

【0263】

変調信号 A 伝送路推定部 2707 は、フーリエ変換後の信号 2706 を入力とし、変調信号 A の伝送路推定信号群 2708 を出力する。変調信号 B 伝送路推定部 2709 は、フーリエ変換後の信号 2706 を入力とし、変調信号 B の伝送路推定信号群 2710 を出力する。

【0264】

無線部 2713 は、アンテナ 2711 で受信した受信信号 2712 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 2714 を出力する。フーリエ変換部 2715 は、受信直交ベースバンド信号 2714 を入力とし、フーリエ変換後の信号 2716 を出力する。

【0265】

変調信号 A 伝送路推定部 2717 は、フーリエ変換後の信号 2716 を入力とし、変調信号 A の伝送路推定信号群 2718 を出力する。変調信号 B 伝送路推定部 2719 は、フーリエ変換後の信号 2716 を入力とし、変調信号 B の伝送路推定信号群 2720 を出力する。

【0266】

復調部 2721 は、変調信号 A の伝送路推定信号群 2708、2718、変調信号 B の伝送路推定信号群 2710、2720、フーリエ変換後の信号 2706、2716 を入力とし、変調信号 A の受信デジタル信号 2722、変調信号 B の受信デジタル信号 2723 を出力する。

【0267】

図 28 は、本実施の形態におけるフレーム構成例を示し、2801 は電波伝搬環境推定シンボル、2802 はデータシンボルであり時間軸方向に符号化されている。変調信号 A は、キャリア 1 で時間 i 、 $i+1$ に亘って符号化されている。変調信号 B は、キャリア 1 で時間 i 、 $i+1$ に亘って符号化されている。

【0268】

変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i で $S1(i)$ を送信し、時間 $i+1$ で $S1(i)'$ を送信する。なお上述したように $S1(i)$ と $S1(i)'$ は同一データを信号点配置を変えて形成された変調シンボルである。

【0269】

変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i で $S2(i)$ を送信し、時間 $i+1$ で $S2(i+1)$ を送信する。 $S2(i)$ と $S2(i+1)$ は、異なるデータから形成された変調シンボルである。

【0270】

図 29 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には

同一符号を付した。図 29 の場合、変調シンボルは周波数軸方向に符号化されている。変調信号 A は、時間 i でキャリア 1、キャリア 2 に亘って符号化されている。変調信号 B は、時間 i でキャリア 1、キャリア 2 に亘って符号化されている。

【0271】

変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1 で $S1(i)$ を送信し、キャリア 2 で $S1(i)'$ を送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1 で $S2(i-1)$ を送信し、キャリア 2 で $S2(i-2)$ を送信する。ここで $S2(i-1)$ と $S2(i-2)$ は、異なるデータから形成された変調シンボルである。

【0272】

図 30 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。図 30 の場合、変調シンボルは時間軸方向に符号化されている。変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+n$ で符号化されている。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+n$ で符号化されている。

【0273】

変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i で $S1(i)$ を送信し、時間 $i+n$ で $S1(i)'$ を送信する。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i で $S2(i)$ を送信し、時間 $i+n$ で $S2(i+1)$ を送信する。

【0274】

図 31 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。図 31 の場合、変調シンボルは周波数軸方向に符号化されている。変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1、キャリア $1+n$ で符号化されている。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1、キャリア $1+n$ で符号化されている。

【0275】

変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1 で $S1(i)$ を送信し、キャリア $1+n$ で $S1(i)'$ を送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1 で $S2(i-1)$ を送信し、キャリア $1+n$ で $S2(i-2)$ を送信する。

【0276】

図 32 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。図 32 の場合、変調シンボルは、時間軸方向に符号化されている。変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 j で符号化されている。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 j で符号化されている。

【0277】

変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i は $S1(i)$ を送信し、時間 j で $S1(i)'$ を送信する。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i で $S2(i-1)$ を送信し、時間 j で $S2(i+n)$ を送信する。

【0278】

図 33 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。図 33 の場合、変調シンボルは、周波数軸方向に符号化されている。変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1、キャリア j で符号化されている。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1、キャリア j で符号化されている。

【0279】

変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1 で $S1(i)$ を送信し、キャリア j で $S1(i)'$ を送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1 で $S2(i-1)$ を送信し、キャリア j で $S2(i-j)$ を送信する。

【0280】

図 34 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ で符号化されている。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ で符号化されている。

【0281】

変調信号Aは、キャリア1において、時間*i*で $S1(i)$ を送信し、時間*i*+1で $S1(i)'$ を送信し、時間*i*+2で $S1(i)''$ を送信する。ここで $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ は、同一データを信号点配置を変えて形成したものである。変調信号Bは、キャリア1において、時間*i*で $S2(i)$ を送信し、時間*i*+1で $S2(i+1)$ を送信し、時間*i*+2で $S2(i+2)$ を送信する。ここで $S2(i)$ 、 $S2(i+1)$ 、 $S2(i+2)$ は、異なるデータを変調して得られたものである。

【0282】

図35は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、時間*i*において、キャリア1、キャリア2、キャリア3で符号化されている。変調信号Bは、時間*i*において、キャリア1、キャリア2、キャリア3で符号化されている。

【0283】

変調信号Aは、時間*i*において、キャリア1で $S1(i)$ を送信し、キャリア2で $S1(i)'$ を送信し、キャリア2で $S1(i)''$ を送信する。変調信号Bは、時間*i*において、キャリア1で $S2(i-1)$ を送信し、キャリア2で $S2(i-2)$ を送信し、キャリア3で $S2(i-3)$ を送信する。

【0284】

図36は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、キャリア1において、時間*i*、時間*j*、時間*k*で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ によって送信する（同一の信号点配置でもよい）。変調信号Bは、キャリア1において、時間*i*、時間*j*、時間*k*で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(j)$ 、 $S2(k)$ によって送信する。

【0285】

図37は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、時間*i*において、キャリア*i*、キャリア*j*、キャリア*k*で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ によって送信する（同一の信号点配置でもよい）。変調信号Bは、時点*i*において、キャリア*i*、キャリア*j*、キャリア*k*で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(j)$ 、 $S2(k)$ によって送信する。

【0286】

図38は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、キャリア1において、時間*i*、時間*i*+1で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ によって送信する。変調信号Bは、キャリア1において、時間*i*、時間*i*+1で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(i+1)$ によって送信する。変調信号Cは、キャリア1において、時間*i*、時間*i*+1で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(i+1)$ によって送信する。

【0287】

図39は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、時間*i*において、キャリア1、キャリア2で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ によって送信する。変調信号Bは、時間*i*において、キャリア1、キャリア2で異なるデータをシンボル $S2(1)$ 、 $S2(2)$ によって送信する。変調信号Cは、時間*i*において、キャリア1、キャリア2で異なるデータをシンボル $S3(1)$ 、 $S3(2)$ によって送信する。

【0288】

図40は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図28との対応部分には同一符号を付した。変調信号Aは、キャリア1において、時間*i*、時間*j*で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ によって送信する（同一の信号点配置でもよい）。変調信号Bは、キャリア1において、時間*i*、時間*j*で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(j)$ によって送信する。変調信号Cは、キャリア1において

、時間 i 、時間 j で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(j)$ によって送信する。

【0289】

図 41 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、時間 i において、キャリア i 、キャリア j で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ によって送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア i 、キャリア j で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(j)$ によって送信する。変調信号 C は、時間 i において、キャリア i 、キャリア j で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(j)$ によって送信する。

【0290】

図 42 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+1$ 、 $i+2$ 、 $i+3$ で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ 、 $S1(i)'''$ によって送信する。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+1$ で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(i)$ 、 $S2(i)'$ によって送信し、時間 $i+2$ 、時間 $i+3$ で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(i+2)$ 、 $S2(i+2)'$ によって送信する。変調信号 C は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 $i+1$ 、時間 $i+2$ 、時間 $i+3$ で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(i+1)$ 、 $S3(i+2)$ 、 $S3(i+3)$ によって送信する。

【0291】

図 43 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1、キャリア 2、キャリア 3、キャリア 4 で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ 、 $S1(i)'''$ によって送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア 1、キャリア 2 で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(1)$ 、 $S2(1)'$ によって送信し、キャリア 3、キャリア 4 で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(3)$ 、 $S2(3)'$ によって送信する。変調信号 C は、時間 i において、キャリア 1、キャリア 2、キャリア 3、キャリア 4 で異なるデータをシンボル $S3(1)$ 、 $S3(2)$ 、 $S3(3)$ 、 $S3(4)$ によって送信する。

【0292】

図 44 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 j 、時間 k 、時間 m で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ 、 $S1(i)'''$ によって送信する。変調信号 B は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 j で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(i)$ 、 $S2(i)'$ によって送信し、時間 k 、時間 m で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(k)$ 、 $S2(k)'$ によって送信する。変調信号 C は、キャリア 1 において、時間 i 、時間 j 、時間 k 、時間 m で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(j)$ 、 $S3(k)$ 、 $S3(m)$ によって送信する。

【0293】

図 45 は、本実施の形態における別のフレーム構成例を示し、図 28 との対応部分には同一符号を付した。変調信号 A は、時間 i において、キャリア 1、キャリア j 、キャリア k 、キャリア m で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ 、 $S1(i)''$ 、 $S1(i)'''$ によって送信する。変調信号 B は、時間 i において、キャリア i 、キャリア j で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(i)$ 、 $S2(i)'$ によって送信し、キャリア k 、キャリア m で同一データを信号点配置の異なるシンボル $S2(k)$ 、 $S2(k)'$ によって送信する。変調信号 C は、時間 i において、キャリア i 、キャリア j 、キャリア k 、キャリア m で異なるデータをシンボル $S3(i)$ 、 $S3(j)$ 、 $S3(k)$ 、 $S3(m)$ によって送信する。

【0294】

次に、図 1、図 2、図 4、図 13、図 24、図 26、図 27、図 28、図 29、図 30

、図31、図32、図33、図34、図35、図36、図37、図38、図39、図40、図41、図42、図43、図44、図45を用いて、本実施の形態の動作について詳しく説明する。

【0295】

図28は、図26の送信装置2600が送信する変調信号A、変調信号Bのフレーム構成の一例を示している。図26における変調信号A送信部から送信される変調信号のフレーム構成が図28の変調信号Aフレーム構成である。また図26における変調信号B送信部から送信される変調信号のフレーム構成が図28の変調信号Bフレーム構成である。

【0296】

図28のフレーム構成の特徴は、変調信号Aでは、キャリア1において、時間*i*、時間*i+1*同一のデータを信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ によって送信する一方、変調信号Bでは、キャリア1において、時間*i*、時間*i+1*で異なるデータをシンボル $S2(i)$ 、 $S2(i+1)$ によって送信することである。

【0297】

$S1(i)$ 、 $S1(i)'$ のI-Q平面における信号点配置を示した図が図2である。変調方式はQPSKである。例えば、図28において、時間*i*で $S1(i)$ の情報として(0, 0)を送信したとする。このとき信号点は、図2(a)のとおりである。そして、時間*i+1*では情報として(0, 0)を、例えば、図2(b)のとおりに送信する。(0, 1)、(1, 0)、(1, 1)についても同様である。ただし、時間*i+1*の信号点配置は、図2(b)に限ったものではなく、図2(c)のような信号点配置としてもよい。

【0298】

このようにすることで、キャリア1に着目すると、受信装置2700で、時間*i*と時間*i+1*とで変調信号の信号点配置が変わるため、時間*i*と時間*i+1*とで変調信号A、変調信号Bの復調の精度が異なるようになる。このため、復調の精度の良い時間で変調信号Aを復調し、次いでその結果を利用して変調信号Bの復調を行うことで、変調信号Bの復調の精度を向上させることができる。すなわち、変調信号A、Bともに復調精度を向上させることができる。

【0299】

ここで送信装置2600によって図28のフレーム構成の変調信号A、Bを形成する際の、送信装置2600の動作について説明する。

【0300】

フレーム構成信号生成部2623は、図28のフレーム構成の情報をフレーム構成信号2624として出力する。符号化部2602は、送信ディジタル信号2601、フレーム構成信号2624を入力とし、送信ディジタル信号2601を図28の変調信号Aのフレーム構成のように符号化し、符号化後のディジタル信号2603を出力する。

【0301】

変調部2625は、符号化後のディジタル信号2603、フレーム構成信号2624を入力とし、図28の変調信号Aのフレーム構成にしたがった送信直交ベースバンド信号2626を出力する。変調部2625は、例えば図4に示すような構成とすればよい。

【0302】

図4において、マッピング部X402は、図2(a)のように信号点をマッピングする。マッピング部Y404は、図2(b)、あるいは、図2(c)のように信号点をマッピングする。

【0303】

例えば、図28のフレーム構成における、キャリア1に着目したとき、フレーム構成信号2624が変調信号A、キャリア1、時間*i*のシンボルを示しているとき、マッピング部X402は、入力されたディジタル信号に対し、マッピングを施し、第1のマッピングされた送信直交ベースバンド信号403を出力する。

【0304】

これに対して、フレーム構成信号2624が変調信号A、キャリア1、時間*i+1*のシ

ンボルを示しているとき、マッピング部 Y 404 は、入力されたデジタル信号に対し、マッピングを施し、第 2 のマッピングされた送信直交ベースバンド信号 405 を出力する。

【0305】

信号選択部 407 は、第 1 のマッピングされた送信直交ベースバンド信号 403、第 2 のマッピングされた送信直交ベースバンド信号 405、フレーム構成信号 406 を入力とし、フレーム構成信号 406 の示している方の信号を選択し、選択された送信直交ベースバンド信号 305 を出力する。

【0306】

なおここでは、図 28 のフレーム構成、つまり、時間 i と時間 $i+1$ で符号化した場合を例に説明したが、図 30 のように、時間 i と $i+n$ で符号化されている場合にも同様に実施することができる。つまり、上述の説明で、時間 $i+1$ の動作を時間 $i+n$ の動作として考えれば同様に実施することができる。また、キャリア 1 に着目して説明したが、キャリア 1 以外のキャリアについても同様の符号化を施しても、同様に実施することができる。

【0307】

次に、受信装置の構成について説明する。図 27 は、本実施の形態における受信装置の構成である。図 27 の受信アンテナ 2701 は図 1 のアンテナ 109 に相当し、受信アンテナ 2711 は図 1 のアンテナ 110 に相当するものとする。

【0308】

以下では、キャリア 1 の動作を例に説明する。図 27 の変調信号 A 伝送路推定部 2707 は、図 28 の変調信号 A、キャリア 1、時間 i の電波伝搬環境推定シンボル 2801 を用いて、キャリア 1 のチャネル変動 $h_{11}(t)$ を求める。ただし、 t は時間とする。同様に、変調信号 B 伝送路推定部 2709 は、図 28 の変調信号 B、キャリア 1、時間 i の電波伝搬環境推定シンボル 2801 を用いて、キャリア 1 のチャネル変動 $h_{12}(t)$ を求める。変調信号 A 伝送路推定部 2717 は、図 28 の変調信号 A、キャリア 1、時間 i の電波伝搬環境推定シンボル 2801 を用いて、キャリア 1 のチャネル変動 $h_{21}(t)$ を求める。ただし、 t は時間とする。同様に、変調信号 B 伝送路推定部 2719 は、図 28 の変調信号 B、キャリア 1、時間 i の電波伝搬環境推定シンボル 2801 を用いて、キャリア 1 のチャネル変動 $h_{22}(t)$ を求める。

【0309】

そして、時間 i において、受信アンテナ 2701 で受信したキャリア 1 の信号を $R_1(i)$ 、受信アンテナ 2711 で受信したキャリア 1 の信号を $R_2(i)$ とすると、(1) 式が成立する。同様に、時間 $i+1$ において、(2) 式が成立する。(1) 式の関係から $S_1(i)$ 、 $S_2(i)$ を得ることができると共に、(2) 式の関係から $S_1(i)'$ 、 $S_2(i+1)$ を得ることができる。

【0310】

また $h_{11}(i) \doteq h_{11}(i+1)$ 、 $h_{12}(i) \doteq h_{12}(i+1)$ 、 $h_{21}(i) \doteq h_{21}(i+1)$ 、 $h_{22}(i) \doteq h_{22}(i+1)$ が成立する。このとき、(1) 式と (2) 式の行列は、ほぼ等しい行列であるが、 $(S_1(i), S_2(i))$ のベクトルと $(S_1(i)', S_2(i+1))$ のベクトルが異なるため、得られるデータの確からしさが異なることになる。

【0311】

本実施の形態では、この特性を利用し、受信データの品質を向上させるようになされている。受信装置 2700 の具体的な復調（復号）手順は、以下の通りである。

<1> 時間 i の検波を行い、 $(S_1(i), S_2(i))$ を得る。

<2> 時間 $i+1$ の検波を行い、 $(S_1(i)', S_2(i+1))$ を得る。

<3> 時間 i および時間 $i+1$ の受信品質を比較する。

【0312】

時間 i の受信品質の方が良い場合、時間 i の検波で得た $(S_1(i), S_2(i))$ の

データをそのまま使う。そして $S2(i+1)$ のデータは、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 $i+1$ の $S1(i)'$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0313】

これに対して、時間 $i+1$ の受信品質の方が良い場合には、時間 $i+1$ の検波で得た ($S1(i)'$, $S2(i+1)$) のデータをそのまま使う。そして $S2(i)$ のデータは、時間 $i+1$ の検波で得られた $S1(i)'$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用することで得るようにする。

【0314】

受信装置 2700 においては、復調部 2721 でこのような復調処理を行うことにより、変調信号 A の受信デジタル信号 2722、変調信号 B の受信デジタル信号 2723 を得る。

【0315】

図 27 の復調部 2721 の詳細の構成が、図 7 のとおりであり、以下では、その動作について説明する。

【0316】

図 7 において、信号 508 は図 27 の 2708 に、信号 510 は図 27 の 2710 に、信号 506 は図 27 の 2706 に、信号 518 は図 27 の 2718 に、信号 520 は図 27 の 2720 に、信号 516 は図 27 の 2716 に相当する。

【0317】

ここで、図 26 の送信装置 2600 において、図 28 のフレーム構成で、変調信号 A、変調信号 B とともに QPSK 変調で信号を送信したときを例に説明する。ただし、キャリア 1 についての説明である。

【0318】

変調信号 A で 2 ビット、変調信号 B で 2 ビットの計 4 ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111 が送信可能である。ただし、上位 2 ビットは変調信号 A で送信された 2 ビット、下位 2 ビットは変調信号 B で送信された 2 ビットとする。

【0319】

ここでは、図 27 の復調部 2721 の動作について説明する。

【0320】

復調部 2721 は、キャリア 1、時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号群 2708 のキャリア 1 の成分、変調信号 B の伝送路推定信号群 2710 のキャリア 1 の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点を求める。そのときの状態が図 13 の 1302 の 16 個の信号点に相当する。

【0321】

そして、フーリエ変換後信号 2706 のキャリア 1 の成分から、I-Q 平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図 13 の 1301 の信号点に相当する。

【0322】

次に、図 13 の 1302 のすべての信号点と信号点 1301 との I-Q 平面における例えば距離の 2 乗値を計算する。すなわち、送信ビット 0000 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット 0001、..., 1111 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $X0001(i)$ 、..., $X1111(i)$ を求める。

【0323】

同様に、図 28 のキャリア 1、時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号群 2718 のキャリア 1 の成分、変調信号 B の伝送路推定信号群 2720 のキャリア 1 の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点を求める。そのときの状態が図 13 の 1302 の 16 個の信号点に相当する。

【0324】

そして、フーリエ変換後信号 2716 のキャリア 1 の成分から、I-Q 平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図 13 の 1301 の信号点に相当する。

【0325】

次に、図 13 の 1302 のすべての信号点と信号点 1301 との I-Q 平面における例えば距離の 2 乗値を計算する。すなわち、送信ビット 0000 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット 0001、 \dots 、1111 の信号点 1302 と信号点 1301 との距離の 2 乗値 $Y0001(i)$ 、 \dots 、 $Y1111(i)$ を求める。

【0326】

そして、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求める。同様に、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を求める。同様にして、時間 $i+1$ についても $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ を求める。

【0327】

次に、時間 i と時間 $i+1$ との受信データの確からしさの比較を行う。

【0328】

例えば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2 番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0329】

同様に、 $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i+1)$ とする。そして、2 番目に小さい値を探索する。その値を $S(i+1)$ とする。

【0330】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、および、 $R(i+1) = F(i+1) / S(i+1)$ を求める。

【0331】

$R(i+1) > R(i)$ のとき、時間 i の方が受信品質が良いと判断し、 $F(i)$ を与える 4 ビットを正しいデータと判断する。そして、時間 i および時間 $i+1$ に変調信号 A で送信されたデータ 2 ビットと時間 i に変調信号 B で送信されたデータ 2 ビットが得られる。そして、変調信号 A で送信された 2 ビットが判定されているのを利用し、時間 $i+1$ に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。例えば、変調信号 A で送信された 2 ビットが 00 であるならば、 $Z0000(i+1)$ 、 $Z0001(i+1)$ 、 $Z0010(i+1)$ 、 $Z0011(i+1)$ の中から最も値の小さくなるものを探索し、時間 $i+1$ に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。同様に、変調信号 A で送信された 2 ビットが 01 であるならば、 $Z0100(i+1)$ 、 $Z0101(i+1)$ 、 $Z0110(i+1)$ 、 $Z0111(i+1)$ の中から最も値の小さくなるものを探索し、時間 $i+1$ に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。変調信号 A で送信された 2 ビットが 10、11 のときも同様にして、時間 $i+1$ に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。

【0332】

$R(i) > R(i+1)$ のとき、時間 $i+1$ の方が受信品質が良いと判断し、 $F(i+1)$ を与える 4 ビットを正しいデータと判断する。そして、時間 i および時間 $i+1$ に変調信号 A で送信されたデータ 2 ビットと時間 $i+1$ に変調信号 B で送信されたデータ 2 ビットが得られる。そして、変調信号 A で送信された 2 ビットが判定されているのを利用し、時間 i に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。例えば、変調信号 A で送信された 2 ビットが 00 であるならば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 $Z0010(i)$ 、 $Z0011(i)$ の中から最も値の小さくなるものを探索し、時間 i に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。同様に、変調信号 A で送信された 2 ビットが 01 であるならば、 $Z0100(i)$ 、 $Z0101(i)$ 、 $Z0110(i)$ 、 $Z0111(i)$ の中から最も値の小さくなるものを探索し、時間 i に変調信号 B で送信された 2 ビットを判

定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、時間iに変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0333】

図27の復調部2721の詳細の構成が図7である。図7の動作について説明する。

【0334】

図7の変調信号A、B復調部608は、上記のように、時間iおよび時間i+1において変調信号Aで送信したデータを変調信号Aの受信デジタル信号524として出力する。また、第1の軟判定値信号701として、 $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を出力する。また、第2の軟判定値信号702として $Z0000(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ を出力する。そして、時間i、時間i+1いずれかの変調信号Bの受信デジタル信号525-1を出力する。

【0335】

変調信号B復調部703は、第1の軟判定値信号701である $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ と第2の軟判定値信号702である $Z0000(i+1)$ 、 \dots 、 $Z1111(i+1)$ を入力とし、上記のように、時間iと時間i+1の受信品質をもとに、変調信号Bの復調を行い、525-1とは異なる時間の変調信号Bの受信デジタル信号525-2を出力する。

【0336】

ここでは、キャリア1の復号方法について説明したが、キャリア1以外のキャリアで同様に符号化している場合、上述の動作を他のキャリアと考えて実施すれば、同様に復号することができる。つまり、図27のフーリエ変換後の信号のキャリアnの成分、変調信号Aの伝送路推定信号群のキャリアnの成分、変調信号Bの伝送路推定信号群のキャリアnの成分により、キャリアnの復号を行うことができることになる。

【0337】

次に図30に示すフレーム構成を採用する場合について説明する。図30のフレーム構成では、時間iとi+nで符号化が行われている。よって、 $h11(i) \div h11(i+n)$ 、 $h12(i) \div h12(i+n)$ 、 $h21(i) \div h21(i+n)$ 、 $h22(i) \div h22(i+n)$ の関係が成立するようなnであれば、図28のフレーム構成と同様の処理を行うことで実施することができる。つまり、時間i+1の動作を時間i+nの動作として考えれば、図28について説明したのと同様にして実施できる。

【0338】

次に図32に示すフレーム構成を採用する場合について説明する。このとき、時間iとjとでは、時間がまったく異なるために電波伝搬環境が全く異なる状態であることが重要となる。

【0339】

ここでは、キャリア1の動作を例に説明する。時間iにおいて、(1)式が成立する。同様に、時間jにおいて、(3)式が成立する。このとき、 $h11(i)$ 、 $h12(i)$ 、 $h21(i)$ 、 $h22(i)$ は、受信装置において、例えば、図32のキャリア1の時間i-1の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて推定する。同様に、 $h11(j)$ 、 $h12(j)$ 、 $h21(j)$ 、 $h22(j)$ は、受信装置において、例えば、図32のキャリア1の時間j-1の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて推定する。ここで、時間iとjでは、電波伝搬環境が大きく異なるような時間であるため、 $h11(i) \neq h11(j)$ 、 $h12(i) \neq h12(j)$ 、 $h21(i) \neq h21(j)$ 、 $h22(i) \neq h22(j)$ が成立する。したがって、時間iとjでの受信品質は全く異なることになる。

【0340】

以上を考慮し、時間iと時間jのI-Q平面における信号点配置について説明する。I-Q平面における信号点配置例を示した図が図2である。図32のフレーム構成の際、時間iとjの信号点配置は、例えば、ともに図2(a)でもよいし、時間iでは図2(a)、時間jでは図2(b)のように異なってもよい。これは、図28、図30のフレ

ム構成のときとは異なり、時間 i と j とでは電波伝搬環境が異なるため、時間 i と j では、敢えて信号点配置を変えなくても、受信品質が異なるようになるからである。

【0341】

以下では、復号化の手順について詳しく説明するが、図 28 のフレーム構成の動作と同様に考えることができる。つまり、時間 $i+1$ の動作を時間 j に置き換えて考えればよい。

【0342】

受信装置 2700 によって図 32 のフレーム構成信号の具体的な復調（復号）手順は、以下の通りである

<1>時間 i の検波を行い、 $(S1(i), S2(i))$ を得る。

<2>時間 j の検波を行い、 $(S1(i), S2(j))$ を得る。

<3>時間 i および時間 j の受信品質を比較する。

【0343】

時間 i の受信品質の方がよい場合、時間 i の検波で $(S1(i), S2(i))$ のデータを得る。次に、時間 i の検波で得られた $S1(i)$ から時間 j の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用し、 $S2(j)$ を得る。

【0344】

時間 j の受信品質の方がよい場合、時間 j の検波で $(S1(i), S2(j))$ のデータを得る。次に、時間 j の検波で得られた $S1(i)$ から時間 i の $S1(i)$ を推定し、その結果を利用し、 $S2(i)$ を得る。

【0345】

図 27 の復調部 2721 では、上述の手順を行うことで、変調信号 A の受信デジタル信号 2722、変調信号 B の受信デジタル信号 2723 を得る。

【0346】

図 27 の復調部 2721 の詳細の構成が、図 7 のとおりであり、以下では、その動作について説明する。

【0347】

図 7 において、信号 508 は図 27 の 2708 に、信号 510 は図 27 の 2710 に、信号 506 は図 27 の 2706 に、信号 518 は図 27 の 2718 に、信号 520 は図 27 の 2720 に、信号 516 は図 27 の 2716 に相当する。

【0348】

ここで、図 26 の送信装置 2600 において、図 32 のフレーム構成で、キャリア 1 において、変調信号 A、変調信号 B とともに QPSK 変調で信号を送信したときを例に説明する。

【0349】

変調信号 A で 2 ビット、変調信号 B で 2 ビットの計 4 ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111 が送信可能である。ただし、上位 2 ビットは変調信号 A で送信された 2 ビット、下位 2 ビットは変調信号 B で送信された 2 ビットとする。

【0350】

ここでは、図 27 の復調部 2721 の動作について説明する。

【0351】

復調部 2721 は、時間 i において、変調信号 A の伝送路推定信号群 2708 のキャリア 1 の成分、変調信号 B の伝送路推定信号群 2710 のキャリア 1 の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111 の 16 個の信号点の I-Q 平面における信号点を求める。そのときの状態が図 13 の 1302 の 16 個の信号点に相当する。

【0352】

そして、フーリエ変換後の信号 2706 のキャリア 1 の成分から、I-Q 平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図 13 の 1301 の信号点に相当する。

【0353】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、・・・、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0001(i)$ 、・・・、 $X1111(i)$ を求める。

【0354】

同様に、図32の時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号群2718のキャリア1の成分、変調信号Bの伝送路推定信号群2720のキャリア1の成分を用いて、0000、0001、・・・、1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点を求める。そのときの状態が図13の1302の16個の信号点に相当する。

【0355】

そして、フーリエ変換後の信号2716のキャリア1の成分から、I-Q平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図13の1301の信号点を相当する。

【0356】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、・・・、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0001(i)$ 、・・・、 $Y1111(i)$ を求める。

【0357】

そして、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求める。同様に、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ を求める。同様に、時間*j*についても $Z0000(j)$ 、 $Z0001(j)$ 、・・・、 $Z1111(j)$ を求める。

【0358】

ここで、時間*i*での判定を行う際、電波伝搬環境の推定は、例えば、図32の時間*i* - 1の電波伝搬環境推定シンボル2801のキャリア1のシンボルを用いて行う。これに対して、時間*j*を判定する際、電波伝搬環境の推定は、例えば、図32の時間*j* - 1の電波伝搬環境推定シンボル2801のキャリア1のシンボルを用いて行う。

【0359】

次に、時間*i*と時間*j*との受信データの確からしさの比較を行う。

【0360】

例えば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0361】

同様に、 $Z0000(j)$ 、 $Z0001(j)$ 、・・・、 $Z1111(j)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(j)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(j)$ とする。

【0362】

そして、例えば、 $R(i) = F(i) / S(i)$ 、および、 $R(j) = F(j) / S(j)$ を求める。

【0363】

$R(j) > R(i)$ のとき、時間*i*の方が受信品質がよいと判断し、 $F(i)$ を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、時間*i*および時間*j*に変調信号Aで送信されたデータ2ビットと時間*i*に変調信号Bで送信されたデータ2ビットが得られる。そして、変調信号Aで送信された2ビットが判定されているのを利用し、時間*j*に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、 $Z0000(j)$ 、 $Z0001(j)$ 、 $Z0010(j)$ 、 $Z0011(j)$ の中から最も小さくなるものを探索し、時間*j*に変調信号Bで送信された2ビットを判定

する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、 $Z0100(j)$ 、 $Z0101(j)$ 、 $Z0110(j)$ 、 $Z0111(j)$ の中から最も小さくなるものを探索し、時間 $i+1$ に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、時間 j に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0364】

$R(i) > R(j)$ のとき、時間 j の方が受信品質がよいと判断し、 $F(j)$ を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、時間 i および時間 j に変調信号Aで送信されたデータ2ビットと時間 j に変調信号Bで送信されたデータ2ビットが得られる。そして、変調信号Aで送信された2ビットが判定されているのを利用し、時間 i に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 $Z0010(i)$ 、 $Z0011(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、時間 i に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、 $Z0100(i)$ 、 $Z0101(i)$ 、 $Z0110(i)$ 、 $Z0111(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、時間 i に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、時間 i に変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0365】

図27の復調部2721の詳細の構成が図7である。図7の動作について説明する。

【0366】

図7の変調信号A、B復調部608は、上記のように、時間 i および時間 j において変調信号Aで送信したデータを変調信号Aの受信デジタル信号524として出力する。また、第1の軟判定値信号701として、 $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を出力する。また、第2の軟判定値信号702として $Z0000(j)$ 、 \dots 、 $Z1111(j)$ を出力する。そして、時間 i 、時間 j いずれかの変調信号Bの受信デジタル信号525-1を出力する。

【0367】

変調信号B復調部703は、第1の軟判定値信号701である $Z0000(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ と第2の軟判定値信号702である $Z0000(j)$ 、 \dots 、 $Z1111(j)$ を入力とし、上記のように、時間 i と時間 j の受信品質をもとに、変調信号Bの復調を行い、525-1とは異なる時間の変調信号Bの受信デジタル信号525-2を出力する。

【0368】

ここでは、キャリア1の時間 i 、時間 j の変調信号A、変調信号Bの復調について述べたが、キャリア1以外において同様に符号化している場合についても同様の処理を行うことで、実施が可能である。

【0369】

次に、OFDM方式などのマルチキャリア方式を用いたときに可能となる、周波数軸方向に符号化を行った場合の動作について詳しく説明する。すなわち、上述の時間軸方向に符号化を行っていたものを周波数軸方向に符号化を行う。

【0370】

図29に示すフレーム構成を採用する場合について説明する。図29のフレーム構成の特徴は、変調信号Aでは、時間 i において、キャリア1、キャリア2で同一データが信号点配置の異なるシンボル $S1(i)$ 、 $S1(i)'$ で送信され、変調信号Bでは、時間 i において、キャリア1、キャリア2で異なるデータをシンボル $S2(i-1)$ 、 $S2(i-2)$ で送信する点である。

【0371】

$S1(i)$ 、 $S1(i)'$ のI-Q平面における信号点配置を示した図が図2である。変調方式はQPSKである。例えば、図29において、キャリア1、時間 i で $S1(i)$

の情報として(0, 0)を送信したとする。このとき信号点は、図2(a)のとおりである。そして、キャリア2、時間*i*では情報として(0, 0)を、例えば、図2(b)のとおりに送信する。(0, 1)、(1, 0)、(1, 1)についても同様である。ただし、キャリア2、時間*i*の信号点配置は、図2(b)に限ったものではなく、図2(c)で送信してもよい。このように、時間*i*において、キャリア1とキャリア2で、同一の情報を異なる信号点配置で送信する。

【0372】

このようにすることで、時間*i*に着目すると、受信装置で、受信した変調信号の信号点配置がキャリア1とキャリア2とで変わるため、キャリア1における変調信号A、変調信号Bの復調の精度と、キャリア2における変調信号A、変調信号Bの復調の精度が異なるようになる。そして、復調の精度のよい時間で変調信号Aを復調し、その結果を利用して変調信号Bの復調を行うことで、変調信号Bの復調の精度を向上させることができる。すなわち、変調信号A、Bともに復調精度を向上させることができる。

【0373】

送信装置2600によって図29のフレーム構成の変調信号A、Bを形成する際の、送信装置2600の動作について説明する。

【0374】

フレーム構成信号生成部2623は、図29のフレーム構成の情報をフレーム構成信号2624として出力する。符号化部2602は、送信デジタル信号2601、フレーム構成信号2624を入力とし、送信デジタル信号2601を図29の変調信号Aのフレーム構成のように符号化し、符号化後のデジタル信号2603を出力する。

【0375】

変調部2625は、符号化後のデジタル信号2603、フレーム構成信号2624を入力とし、図29の変調信号Aのフレーム構成にしたがった送信直交ベースバンド信号2626を出力する。変調部2625は、例えば図4に示すような構成とすればよい。

【0376】

図4において、マッピング部X402は、図2(a)のように信号点をマッピングする。マッピング部Y404は、図2(b)、あるいは、図2(c)のように信号点をマッピングする。

【0377】

例えば、図29のフレーム構成における、時間*i*に着目したとき、フレーム構成信号2624が変調信号A、キャリア1、時間*i*のシンボルを示しているとき、マッピング部X402は、入力されたデジタル信号に対し、マッピングを施し、第1のマッピングされた送信直交ベースバンド信号403を出力する。

【0378】

これに対して、フレーム構成信号2624が変調信号A、キャリア2、時間*i*のシンボルを示しているとき、マッピング部Y404は、入力されたデジタル信号に対し、マッピングを施し、第2のマッピングされた送信直交ベースバンド信号405を出力する。

【0379】

信号選択部407は、第1のマッピングされた送信直交ベースバンド信号403、第2のマッピングされた送信直交ベースバンド信号405、フレーム構成信号406を入力とし、フレーム構成信号406の示している方の信号を選択し、選択された送信直交ベースバンド信号408を出力する。

【0380】

なおここでは、図29のフレーム構成、つまり、時間*i*において、キャリア1とキャリア2で符号化した場合を例に説明したが、図31のように、キャリア1とキャリア*n*で符号化されている場合にも同様に実施することができる。つまり、上述の説明で、キャリア2の動作をキャリア*n*の動作として考えれば同様に実施することができる。また時間*i*に着目して説明したが、時間*i*以外の時間で同様の符号化を施しても、同様に実施することができ、さらには時間*i*においてキャリア1、キャリア2以外のキャリア同士で符号化し

でも同様に実施することができる。

【0381】

次に、受信装置の構成について説明する。図27は、本実施の形態における受信装置の構成である。図27の受信アンテナ2701は図1のアンテナ109に相当し、受信アンテナ2711は図1のアンテナ110に相当するものとする。

【0382】

以下では、時間*i*の動作を例に説明する。はじめに、キャリア1について説明する。図27の変調信号A伝送路推定部2707は、図29の変調信号A、キャリア1、時間*i*の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて、キャリア1のチャネル変動 $h_{11,1}(t)$ を求める。ただし、*t*は時間とする。同様に、変調信号B伝送路推定部2709は、図29の変調信号B、キャリア1、時間*i*の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて、キャリア1のチャネル変動 $h_{12,1}(t)$ を求める。変調信号A伝送路推定部2717は、図29の変調信号A、キャリア1、時間*i*の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて、キャリア1のチャネル変動 $h_{21,1}(t)$ を求める。同様に、変調信号B伝送路推定部2719は、図29の変調信号B、キャリア1、時間*i*の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて、キャリア1のチャネル変動 $h_{22,1}(t)$ を求める。

【0383】

そして、時間*i*において、受信アンテナ2701で受信したキャリア1の信号を $R_{1,1}(i)$ 、受信アンテナ2711で受信したキャリア1の信号を $R_{2,1}(i)$ とすると、次式が成立する。

$$\begin{pmatrix} R_{1,1}(i) \\ R_{2,1}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11,1}(i) & h_{12,1}(i) \\ h_{21,1}(i) & h_{22,1}(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1(i) \\ S_2(i-1) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(11)$$

【0384】

同様に、キャリア2では、次式が成立する。

$$\begin{pmatrix} R_{1,2}(i) \\ R_{2,2}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11,2}(i) & h_{12,2}(i) \\ h_{21,2}(i) & h_{22,2}(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1(i)' \\ S_2(i-2) \end{pmatrix} \quad \dots\dots(12)$$

(11)式の関係から $S_1(i)$ 、 $S_2(i-1)$ を得ることができ、(12)式の関係から $S_1(i)'$ 、 $S_2(i-2)$ を得ることができる。

【0385】

また $h_{11,1}(i) \doteq h_{11,2}(i)$ 、 $h_{12,1}(i) \doteq h_{12,2}(i)$ 、 $h_{21,1}(i) \doteq h_{21,2}(i)$ 、 $h_{22,1}(i) \doteq h_{22,2}(i)$ が成立する。このとき、(11)式と(12)式の行列は、ほぼ等しい行列であるが、 $(S_1(i), S_2(i-1))$ のベクトルと $(S_1(i)', S_2(i-2))$ のベクトルが異なるため、得られるデータの確からしさが異なることになる。

【0386】

本実施の形態では、この特性を利用し、受信データの品質を向上させるようになされている。受信装置2700の具体的な復調(復号)手順は、以下の通りである。

<1>時間*i*、キャリア1の検波を行い、 $(S_1(i), S_2(i-1))$ を得る。

<2>時間*i*、キャリア2の検波を行い、 $(S_1(i)', S_2(i-2))$ を得る。

<3>キャリア1およびキャリア2の受信品質を比較する。

【0387】

キャリア1の受信品質の方がよい場合、キャリア1の検波で $(S_1(i), S_2(i-1))$ のデータを得る。次に、キャリア1の検波で得られた $S_1(i)$ からキャリア2の $S_1(i)'$ を推定し、その結果を利用し、 $S_2(i-2)$ を得る。

【0388】

キャリア2の受信品質の方がよい場合、キャリア2の検波で $(S_1(i)', S_2(i-2))$ のデータを得る。次に、キャリア2の検波で得られた $S_1(i)'$ からキャリア1の $S_1(i)$ を推定し、その結果を利用し、 $S_2(i-1)$ を得る。

【0389】

受信装置2700においては、復調部2721でこのような復調処理を行うことにより、変調信号Aの受信デジタル信号2722、変調信号Bの受信デジタル信号2723を得る。

【0390】

図27の復調部2721の詳細の構成が、図7のとおりであり、以下では、その動作について説明する。

【0391】

図7において、信号508は図27の2708に、信号510は図27の2710に、信号506は図27の2706に、信号518は図27の2718に、信号520は図27の2720に、信号516は図27の2716に相当する。

【0392】

ここで、図26の送信装置2600において、図29のフレーム構成で、変調信号A、変調信号BともにQPSK変調で信号を送信したときを例に説明する。ただし、キャリア1、キャリア2についての説明である。

【0393】

変調信号Aで2ビット、変調信号Bで2ビットの計4ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111が送信可能である。ただし、上位2ビットは変調信号Aで送信された2ビット、下位2ビットは変調信号Bで送信された2ビットとする。

【0394】

ここでは、図27の復調部2721の動作について説明する。

【0395】

復調部2721は、キャリア1、時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号群2708のキャリア1の成分、変調信号Bの伝送路推定信号群2710のキャリア1の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点を求める。そのときの状態が図13の1302の16個の信号点に相当する。

【0396】

そして、フーリエ変換後信号2706のキャリア1の成分から、I-Q平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図13の1301の信号点を相当する。

【0397】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X_{0000}(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、...、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X_{0001}(i)$ 、...、 $X_{1111}(i)$ を求める。

【0398】

同様に、図29のキャリア1、時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号群2718のキャリア1の成分、変調信号Bの伝送路推定信号群2720のキャリア1の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点を求める。そのときの状態が図13の1302の16個の信号点に相当する。

【0399】

そして、フーリエ変換後の信号2716のキャリア1の成分から、I-Q平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図13の1301の信号点を相当する。

【0400】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y_{0000}(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、...、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y_{0001}(i)$ 、...、 $Y_{1111}(i)$ を求める。

【0401】

そして、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求める。同様に、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を求める。同様に、キャリア2についても $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ を求める。

【0402】

次に、キャリア1とキャリア2との受信データの確からしさの比較を行う。

【0403】

例えば、キャリア1において、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0404】

同様に、キャリア2において、 $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 \dots 、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0405】

そして、例えば、キャリア1において、 $R_{1}(i) = F(i) / S(i)$ 、および、キャリア2において、 $R_{2}(i) = F(i) / S(i)$ を求める。

【0406】

$R_{2}(i) > R_{1}(i)$ のとき、キャリア1の方が受信品質がよいと判断し、キャリア1の $F(i)$ を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、キャリア1およびキャリア2に変調信号Aで送信されたデータ2ビットとキャリア1の変調信号Bで送信されたデータ2ビットが得られる。そして、変調信号Aで送信された2ビットが判定されているのを利用し、キャリア2の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、キャリア2の $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 $Z0010(i)$ 、 $Z0011(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア2の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、キャリア2の $Z0100(i)$ 、 $Z0101(i)$ 、 $Z0110(i)$ 、 $Z0111(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア2の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、キャリア2の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0407】

$R_{1}(i) > R_{2}(i)$ のとき、キャリア2の方が受信品質がよいと判断し、キャリア2の $F(i)$ を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、キャリア1およびキャリア2に変調信号Aで送信されたデータ2ビットとキャリア2の変調信号Bで送信されたデータ2ビットが得られる。そして、変調信号Aで送信された2ビットが判定されているのを利用し、キャリア1の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、キャリア1の $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 $Z0010(i)$ 、 $Z0011(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア1の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。同様に、変調信号Aで送信された2ビットが01であるならば、キャリア1の $Z0100(i)$ 、 $Z0101(i)$ 、 $Z0110(i)$ 、 $Z0111(i)$ の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア1の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。変調信号Aで送信された2ビットが10、11のときも同様にして、キャリア1の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0408】

図27の復調部2721の詳細の構成が図7である。図7の動作について説明する。

【0409】

図7の変調信号A、B復調部608は、上記のように、時間iのキャリア1およびキャ

リア2において変調信号Aで送信されたデータを変調信号Aの受信デジタル信号524として出力する。また、第1の軟判定値信号701として、キャリア1のZ0000(i)、・・・、Z1111(i)を出力する。また、第2の軟判定値信号702としてキャリア2のZ0000(i)、・・・、Z1111(i)を出力する。そして、時間iのキャリア1、キャリア2いずれかの変調信号Bの受信デジタル信号525-1を出力する。

【0410】

変調信号B復調部703は、第1の軟判定値信号701であるキャリア1のZ0000(i)、・・・、Z1111(i)と第2の軟判定値信号702であるキャリア2のZ0000(i)、・・・、Z1111(i)を入力とし、上記のように、キャリア1とキャリア2の受信品質をもとに、変調信号Bの復調を行い、525-1とは異なるキャリアの変調信号Bの受信デジタル信号525-2を出力する。

【0411】

ここでは、キャリア1、キャリア2の復号方法について説明したが、キャリア1、キャリア2以外のキャリアで同様に符号化している場合でも、上述の動作と同様に実施すれば、同様に復号することができる。

【0412】

図31に示すフレーム構成を採用した場合、 $h_{11,1}(i) \doteq h_{11,1+n}(i)$ 、 $h_{12,1}(i) \doteq h_{12,1+n}(i)$ 、 $h_{21,1}(i) \doteq h_{21,1+n}(i)$ 、 $h_{22,1}(i) \doteq h_{22,1+n}(i)$ の関係が成立するようなnであれば、図29のフレーム構成の場合と同様の処理を行うことで、同様に実施することができる。つまり、キャリア2の動作をキャリア1+nの動作として考えれば同様に実施することができる。

【0413】

次に図33に示すフレーム構成を採用する場合について説明する。図33のフレーム構成の場合、キャリア1とキャリアjとでは、周波数がまったく異なるために電波伝搬環境が全く異なる状態であることが重要となる。

【0414】

ここでは、キャリア1とキャリアjを例に説明する。時間i、キャリア1において、(11)が成立する。また時間i、キャリアjにおいて、次式が成立する。

$$\begin{pmatrix} R_{1,j(i)} \\ R_{2,j(i)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11,j(i)} & h_{12,j(i)} \\ h_{21,j(i)} & h_{22,j(i)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1(i) \\ S_2(i-j) \end{pmatrix} \quad \cdots(13)$$

このとき、 $h_{11,1}(i)$ 、 $h_{12,1}(i)$ 、 $h_{21,1}(i)$ 、 $h_{22,1}(i)$ は、受信装置において、例えば、図33のキャリア1の時間i-1の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて推定する。同様に、 $h_{11,j}(i)$ 、 $h_{12,j}(i)$ 、 $h_{21,j}(i)$ 、 $h_{22,j}(i)$ は、受信装置において、例えば、図33のキャリアjの時間i-1の電波伝搬環境推定シンボル2801を用いて推定する。このとき、キャリア1とjでは、電波伝搬環境が異なるような時間であるため、 $h_{11,1}(i) \neq h_{11,j}(i)$ 、 $h_{12,1}(i) \neq h_{12,j}(i)$ 、 $h_{21,1}(i) \neq h_{21,j}(i)$ 、 $h_{22,1}(i) \neq h_{22,j}(i)$ が成立する。したがって、キャリア1とjでの受信品質は全く異なることになる。

【0415】

以上を考慮し、キャリア1とキャリアjのI-Q平面における信号点配置について説明する。I-Q平面における信号点配置の一例を示した図が図2である。図33のフレーム構成の際、キャリア1とキャリアjの信号点配置は、例えば、ともに図2(a)でもよいし、キャリア1では図2(a)、キャリアjでは図2(b)のように異なってもよい。これは、図28、図30のフレーム構成のときとは異なり、キャリア1とキャリアjとでは電波伝搬環境が異なるため、キャリア1とキャリアjで、敢えて信号点配置を変えな

くても、受信品質に差が出るようになるからである。

【0416】

以下では、復号化の手順について詳しく説明するが、図29のフレーム構成の動作と同様に考えることができる。つまり、キャリア2の動作をキャリアjに置き換えて考えればよい。

【0417】

受信装置2700によって図33のフレーム構成信号の具体的な復調（復号）手順は、以下の通りである

<1>時間i、キャリア1の検波を行い、 $(S1(i), S2(i-1))$ を得る。

<2>時間i、キャリアjの検波を行い、 $(S1(i), S2(i-j))$ を得る。

<3>キャリアiおよびキャリアjの受信品質を比較する。

【0418】

時間i、キャリア1の受信品質の方がよい場合、時間i、キャリア1の検波で $(S1(i), S2(i-1))$ のデータを得る。次に、時間i、キャリア1の検波で得られた $S1(i)$ から時間iキャリアjの $S1(i)$ を推定し、その結果を利用し、 $S2(i-j)$ を得る。

【0419】

時間i、キャリアjの受信品質の方がよい場合、時間i、キャリアjの検波で $(S1(i), S2(i-j))$ のデータを得る。次に、時間iキャリアjの検波で得られた $S1(i)$ から時間i、キャリア1の $S1(j)$ を推定し、その結果を利用し、 $S2(i-1)$ を得る。

【0420】

図27の復調部2721では、上述の手順を行うことで、変調信号Aの受信デジタル信号2722、変調信号Bの受信デジタル信号2723を得る。

【0421】

図27の復調部2721の詳細の構成が、図7のとおりであり、以下では、その動作について説明する。

【0422】

図7において、信号508は図27の2708に、信号510は図27の2710に、信号506は図27の2706に、信号518は図27の2718に、信号520は図27の2720に、信号516は図27の2716に相当する。

【0423】

ここで、図26の送信装置2600において、図33のフレーム構成で、キャリア1、キャリアjにおいて、変調信号A、変調信号BともにQPSK変調で信号を送信したときを例に説明する。

【0424】

変調信号Aで2ビット、変調信号Bで2ビットの計4ビットが送信可能である。つまり、0000, 0001, ..., 1111が送信可能である。ただし、上位2ビットは変調信号Aで送信された2ビット、下位2ビットは変調信号Bで送信された2ビットとする。

【0425】

ここでは、図27の復調部2721の動作について説明する。

【0426】

復調部2721は、時間iにおいて、変調信号Aの伝送路推定信号群2708のキャリア1の成分、変調信号Bの伝送路推定信号群2710のキャリア1の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点を求める。そのときの状態が図13の1302の16個の信号点に相当する。

【0427】

そして、フーリエ変換後の信号2706のキャリア1の成分から、I-Q平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図13の1301の信号点を相当する。

【0428】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、・・・、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $X0001(i)$ 、・・・、 $X1111(i)$ を求める。

【0429】

同様に、図33の時間*i*において、変調信号Aの伝送路推定信号群2718のキャリア1の成分、変調信号Bの伝送路推定信号群2720のキャリア1の成分を用いて、0000, 0001, ..., 1111の16個の信号点のI-Q平面における信号点を求める。そのときの状態が図13の1302の16個の信号点に相当する。

【0430】

そして、フーリエ変換後の信号2716のキャリア1の成分から、I-Q平面における受信状態が求まる。そのときの状態が図13の1301の信号点を相当する。

【0431】

次に、図13の1302のすべての信号点と信号点1301とのI-Q平面における例えば距離の2乗値を計算する。すなわち、送信ビット0000の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0000(i)$ を求め、同様に送信ビット0001、・・・、1111の信号点1302と信号点1301との距離の2乗値 $Y0001(i)$ 、・・・、 $Y1111(i)$ を求める。

【0432】

そして、 $X0000(i)$ と $Y0000(i)$ の和 $Z0000(i) = X0000(i) + Y0000(i)$ を求める。同様に、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ を求める。

【0433】

ここで、時間*i*を判定する際、電波伝搬環境の推定は、例えば、図33の時間*i-1*の電波伝搬環境推定シンボル2801のキャリア1、キャリア*j*のシンボルを用いて行う。

【0434】

次に、時間*i*のキャリア1とキャリア*j*の受信データの確からしさの比較を行う。

【0435】

例えば、キャリア1の $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0436】

同様に、キャリア*j*の $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、・・・、 $Z1111(i)$ の中から、最も小さい値を探索する。その値を $F(i)$ とする。そして、2番目に小さい値を探索する。その値を $S(i)$ とする。

【0437】

そして、例えば、キャリア1の $R(i) = F(i) / S(i)$ 、および、キャリア*j*の $R(i) = F(i) / S(i)$ を求める。

【0438】

キャリア*j*の $R(i) >$ キャリア1の $R(i)$ のとき、キャリア1の方が受信品質がよいと判断し、キャリア1の $F(i)$ を与える4ビットを正しいデータと判断する。そして、キャリア1およびキャリア*j*に変調信号Aで送信されたデータ2ビットとキャリア1の変調信号Bで送信されたデータ2ビットが得られる。そして、変調信号Aで送信された2ビットが判定されているのを利用し、キャリア*j*の変調信号Bで送信された2ビットを判定する。

【0439】

例えば、変調信号Aで送信された2ビットが00であるならば、キャリア*j*の $Z0000(i)$ 、 $Z0001(i)$ 、 $Z0010(i)$ 、 $Z0011(i)$ の中から最も小さく

なるものを探索し、キャリア j の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。同様に、変調信号 A で送信された 2 ビットが 01 であるならば、キャリア j の Z0100 (i)、Z0101 (i)、Z0110 (i)、Z0111 (i) の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア j の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。変調信号 A で送信された 2 ビットが 10、11 のときも同様にして、キャリア j の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。

【0440】

キャリア 1 の $R(j) > \text{キャリア } j \text{ の } R(i)$ のとき、キャリア j の方が受信品質がよいと判断し、キャリア j の $F(i)$ を与える 4 ビットを正しいデータと判断し、キャリア 1 およびキャリア j の変調信号 A で送信されたデータ 2 ビットとキャリア j の変調信号 B で送信されたデータ 2 ビットが得られる。

【0441】

そして、変調信号 A で送信された 2 ビットが判定されているのを利用し、キャリア 1 の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。例えば、変調信号 A で送信された 2 ビットが 00 であるならば、キャリア 1 の Z0000 (i)、Z0001 (i)、Z0010 (i)、Z0011 (i) の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア 1 の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。同様に、変調信号 A で送信された 2 ビットが 01 であるならば、キャリア 1 の Z0100 (i)、Z0101 (i)、Z0110 (i)、Z0111 (i) の中から最も小さくなるものを探索し、キャリア 1 の変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。変調信号 A で送信された 2 ビットが 10、11 のときも同様にして、時間 i に変調信号 B で送信された 2 ビットを判定する。

【0442】

図 27 の復調部 2721 の詳細の構成が図 7 である。図 7 の動作について説明する。

【0443】

図 7 の変調信号 A、B 復調部 608 は、上記のように、キャリア 1 およびキャリア j において変調信号 A で送信したデータを変調信号 A の受信デジタル信号 524 として出力する。また、第 1 の軟判定値信号 701 として、キャリア 1 の Z0000 (i)、・・・、Z1111 (i) を出力する。また、第 2 の軟判定値信号 702 としてキャリア j の Z0000 (i)、・・・、Z1111 (i) を出力する。そして、キャリア 1、キャリア j いずれかの変調信号 B の受信デジタル信号 525-1 を出力する。

【0444】

変調信号 B 復調部 703 は、第 1 の軟判定値信号 701 であるキャリア 1 の Z0000 (i)、・・・、Z1111 (i) と第 2 の軟判定値信号 702 であるキャリア j の Z0000 (i)、・・・、Z1111 (i) を入力とし、上記のように、キャリア 1 とキャリア j の受信品質をもとに、変調信号 B の復調を行い、525-1 とは異なるキャリアの変調信号 B の受信デジタル信号 525-2 を出力する。

【0445】

ここでは、時間 i のキャリア 1、キャリア j の変調信号 A、変調信号 B の復調について述べたが、キャリア 1、キャリア j 以外において同様に符号化している場合についても同様の処理を行うことで、実施が可能である。

【0446】

図 34 は、図 9 (a) のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 1 で説明した図 9 (a) のフレーム構成信号に対する処理と同様の処理を行えば、OFDM 方式においても同様に実施することができる。

【0447】

図 35 は、図 34 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 35 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 1 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0448】

図 3 6 は、図 9 (b) のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 1 で説明した図 9 (b) のフレーム構成信号に対する処理と同様の処理を行えば、OFDM 方式においても同様に実施することができる。

【0 4 4 9】

図 3 7 は、図 3 6 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 3 7 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 1 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0 4 5 0】

図 3 8 は、図 1 4 のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 2 で説明した図 1 4 のフレーム構成信号に対する処理と同様の処理を行えば、OFDM 方式においても同様に実施することができる。

【0 4 5 1】

図 3 9 は、図 3 8 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 3 9 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 2 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0 4 5 2】

図 4 0 は、図 1 5 のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 2 と同様に実施すれば、OFDM 方式においても実施することができる。

【0 4 5 3】

図 4 1 は、図 4 0 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 4 1 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 2 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0 4 5 4】

図 4 2 は、図 2 1 のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 2 と同様に実施すれば、OFDM 方式においても実施することができる。

【0 4 5 5】

図 4 3 は、図 4 2 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 4 3 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 2 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0 4 5 6】

図 4 4 は、図 2 5 のフレーム構成を OFDM 方式に適応したときのフレーム構成例を示すもので、実施の形態 2 と同様に実施すれば、OFDM 方式においても実施することができる。

【0 4 5 7】

図 4 5 は、図 4 4 のフレーム構成が時間方向に符号化されているのに対して、周波数軸方向に符号化したときのフレーム構成である。この図 4 5 のフレーム構成信号に対する処理は、実施の形態 2 で説明した処理及び本実施の形態で説明した処理を融合することで、実施することができる。

【0 4 5 8】

なお、図 3 4、図 3 5、図 3 8、図 3 9、図 4 2、図 4 3 において、時間、または、周波数軸において、隣のシンボルと符号化している例で説明したが、これに限ったものではなく、2、3、・・・、n シンボル離れている場合についても同様に実施することができる。

【0 4 5 9】

また送信装置の構成は図 26 の構成、変調部の構成は図 4 の構成に限ったものではない。
また受信装置および復調部の構成は、図 7、図 27 の構成に限ったものではない。

【0460】

(4) 実施の形態 4

本実施の形態の特徴は、複数のアンテナから、複数の変調信号を送信し、複数の変調信号のうちいずれかの変調信号の信号点配置を時間とともに変化させるようにしたことである。

【0461】

図 46 は、本実施の形態におけるインターリーブの適用例を示している。図 46 (a) は、インターリーブ前のデータの順番を示している。図 46 (b) はインターリーブ後のデータ配列を示している。すなわち、図 46 では、縦方向に、順次左から右にデータを読み出すことでインターリーブを行う。つまり、データ 1、データ 101、データ 201、データ 2、データ 102、データ 202、・・・、データ 100、データ 200、データ 300 の順番にデータを並び替える。(このデータの並びを、“パターン X” と名付ける。)

【0462】

図 47 は、図 46 のように並び替えたデータの信号点配置例を示している。図 47 (a)、(b)、(c) は、変調信号 A と変調信号 B のそれぞれの信号点配置例を示している。

【0463】

ここで、パターン X の 1 番目から 100 番目のシンボルの I-Q 平面における信号点配置を変調信号 A、B それぞれ図 47 (a) のようにするものとする。このとき、信号点と I 軸とで形成される位相は変調信号 A、B いずれも 45 度であるものとする。

【0464】

パターン X の 101 番目から 200 番目のシンボルの I-Q 平面における信号点配置を変調信号 A、B それぞれ図 47 (b) のようにするものとする。このとき、信号点と I 軸とで形成される位相は、変調信号 A では 45 度、変調信号 B では 0 度であるものとする。

【0465】

パターン X の 201 番目から 300 番目のシンボルの I-Q 平面における信号点配置を変調信号 A、B それぞれ図 47 (c) のようにするものとする。このとき、信号点と I 軸とで形成される位相は、変調信号 A では 45 度、変調信号 B では $45 + 10$ 度であるものとする。

【0466】

本実施の形態では、300 シンボルを 3 つに分けた場合について説明したが、300 シンボルを m 個に分割した場合、変調信号 A の信号点と I 軸とで構成する位相は 45 度と固定であり、変調信号 B の信号点と I 軸とで構成する位相は 45 度、0 度、 $45 + 10$ 度、10 度、・・・、となり変化していく、つまり、

- 1) $2n - 1$ 回目の変化の信号点配置における変調信号 B の信号点と I 軸とで構成する位相は、 $10n - 10$ 度
 - 2) $2n$ 回目の変化の信号点配置における変調信号 B の信号点と I 軸とで構成する位相は、 $45 + 10n$ 度
- とする。ただし、 $n = 1, 2, \dots$ とする。

【0467】

このように、ブロック単位で信号点配置を変化させる。これにより、インターリーブを行った効果があり、時間ダイバーシチゲインを得ることができる。この理由については、受信装置の動作において説明する。

【0468】

図 3 との対応部分に同一符号を付して示す図 48 に、本実施の形態における送信装置の構成例を示す。符号化部 4802 は、送信ディジタル信号 4801 を入力とし、例えば畳み込み符号、ターボ符号、LDPC など、符号化を施し、符号化後のディジタル信号 4

803を出力する。

【0469】

インターリーブ部4804は、符号化後のデジタル信号4803、フレーム構成信号324を入力とし、例えば図46のインターリーブを施し、インターリーブ後のデジタル信号4805を出力する。

【0470】

変調部304は、インターリーブ後のデジタル信号4805、フレーム構成信号324を入力とし、送信直交ベースバンド信号305を出力する。変調部304の詳細の構成は、図49のとおりである。

【0471】

図49において、マッピング部4902は、インターリーブ後のデジタル信号4901、フレーム構成信号4906を入力とし、例えば、図47(a)のような信号点配置のQPSK変調を施し、直交ベースバンド信号4903を出力する。

【0472】

信号処理部(回転演算部)4904は、直交ベースバンド信号4903、フレーム構成信号4906を入力とし、上述したように、シンボルブロック単位で異なる信号点配置となるように位相回転を施し、位相回転後の直交ベースバンド信号4905を出力する。

【0473】

図48の符号化部4807、インターリーブ部4809は、上述した動作と同様の動作を行う。そして、変調部314は、インターリーブ後のデジタル信号を入力とし、QPSK変調を施し、送信直交ベースバンド信号315を出力することになるが、このとき、図47のように変調信号Bは、信号点配置の変化がないため、変調部304とは異なり、図49の信号処理部(回転演算部)4904を具備しない構成をとることになる。

【0474】

図50は、本実施の形態における受信装置の構成の一例を示しており、図5と同様に動作するものについては、同一符号を付した。

【0475】

MLD523は、候補信号点と、受信ベースバンド信号とのユークリッド距離を求めることで、ブランチメトリックを求め、変調信号Aの軟判定値5001、および、変調信号Bの軟判定値5002を出力する。

【0476】

デインターリーブ部5003は、変調信号Aの軟判定値5001を入力とし、デインターリーブを施し、デインターリーブ後の変調信号Aの軟判定値5004を出力する。そして、復号部5005は、デインターリーブ後の変調信号Aの軟判定値5004を入力とし、軟判定復号し、変調信号Aの受信デジタル信号5006を出力する。

【0477】

同様に、デインターリーブ部5007は、変調信号Bの軟判定値5002を入力とし、デインターリーブを施し、デインターリーブ後の変調信号Bの軟判定値5008を出力する。そして、復号部5009は、デインターリーブ後の変調信号Bの軟判定値5008を入力とし、軟判定復号し、変調信号Bの受信デジタル信号5010を出力する。

【0478】

ところで、見通しの伝搬環境について考える。このとき、(1)式におけるチャネル行列は、直接波成分のチャネル要素 $h_{11,d}$, d , $h_{12,d}$, d , $h_{21,d}$, d , $h_{22,d}$, d と散乱波成分のチャネル要素 $h_{11,s}$, s , $h_{12,s}$, s , $h_{21,s}$, s , $h_{22,s}$, s に分けて考えることができ、次式のように表すことができる。

$$\begin{pmatrix} Rx_1 \\ Rx_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_d & \rho_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_{11,d} & h_{12,d} \\ h_{21,d} & h_{22,d} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \rho_d & \rho_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_{11,s} & h_{12,s} \\ h_{21,s} & h_{22,s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Tx_a \\ Tx_b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(14)$$

【0479】

直接波のチャネル要素は、定常の状態に陥ると、その状態に応じて受信電界強度が同一

であっても全く異なる受信品質を示すことが知られている（例えば、文献“ライスフェージングにおけるMIMOシステムの解析”電子情報通信学会、信学技報RCS2003-90、pp. 1-6、2003年7月を参照）。特に、直接波が支配的な見通し環境では、変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにしたことの効果が十分に現れないような定常状態になる可能性がある。このような状態に陥ると、受信電界強度が十分とれていても、良好な誤り率特性を得られないと考えられる。これは、受信電界強度が十分であっても、(14)式の直接波の行列の状態によっては、受信品質が悪くなる場合が発生するためである。

【0480】

本実施の形態は、上述の受信品質の劣化を改善するための装置及び方法を提案するものである。特に、畳み込み符号などを用い、受信装置において軟判定を行う場合に好適である。その送信方法、送信装置、受信装置の構成、動作については、上述のとおりである。以下では、上述のような構成を採用した場合、受信品質が改善する理由について詳しく説明する。

【0481】

図51において、5101は、変調信号A、Bの合成信号を受信したときの信号点であり、図47のように変調信号A、BいずれもQPSKの場合は、図51のように16個の候補信号点が存在することになる。そして、5102は、仮に変調信号Aのみ受信したときの仮想信号点である。実際は、変調信号A、Bが同時に送信されているため、5102の4点が候補信号点となることはない。

【0482】

ここで、図47(a)のように送信された場合、受信装置において、図51(a)のような信号点配置であるものとする。このとき、最小ユークリッド距離に着目すると、非常に小さいところが存在する。

【0483】

直接波が支配的な環境では、図47(a)の状態に変調信号Aと変調信号Bを送信すると、この状態で受信しつづけることになり、この状態で軟判定復号を行うと、データの受信品質が悪いことになる。

【0484】

これを回避するために、本実施の形態では、例えば、変調信号Bを図47(b)のように図47(a)の配置に対し45度回転させ、また、図47(c)のように図47(a)の配置に対し10度回転させる。すると、例えば、図47(b)のように送信した場合、図51(b)のような信号点配置となり、最小ユークリッド距離は大きくなり受信品質を良くすることができる。このように、変調信号Bにさまざまな位相回転を与えると、直接波が支配的な環境において、さまざまなユークリッド距離となるため、ダイバーシチ効果と同様の効果を得ることができる。これにより、データの受信品質を改善することができる。

【0485】

以上のように、本実施の形態においては、インターリーブのブロックごとに異なる信号点配置とすることで、ダイバーシチ効果が得られ、データの受信品質が改善できる効果を有する。

【0486】

なお、変調信号Bの信号点配置を回転させる角度は上述したものに限ったものではない。ただし、回転角を90度、180度、270度の回転角のみで構成しても、受信した信号の候補信号点配置が変わらないため、効果は得られない。そして、回転角は0度から45度または-45度から0度によって構成することで一般性は成立し、上述の範囲内に定めると送信装置4800の回転演算部4904、受信装置500のMLD523の構成を簡略化することができる。

【0487】

また、上述した説明では、変調信号Bのみ回転させたが、変調信号Aを回転させても同

様に実施することができる。しかし、両方の変調信号を回転させても、一方のみを回転させても、受信品質の改善効果は大きく変わらない。したがって、送信装置4800の回転演算部4904、受信装置5000のMLD523の構成を簡略化することを考えると、一方の変調信号のみ回転させる方がよい。

【0488】

次に、上述したの異なる送信方法について説明する。

【0489】

図52のように、変調信号Bにおいて、時間Tにおける信号点配置に対し、時間T+iでは、時間Tにおける信号点配置に対し θ_i 度回転させる。因みに、ここでは変調信号Aに対しては、回転を与えないものを例として考える。図52では、変調信号Bにおいて、時間iの信号点配置と時間i+1の信号点配置の関係を示しており、 $\theta_i - \theta_{i-1} = 10$ 度としている。

【0490】

このように送信することで、上述と同様に、直接波が支配的な環境において、受信信号の候補信号点において、さまざまなユークリッド距離となるため、ダイバーシチ効果と同様の効果を得ることができる。これにより、データの受信品質を改善することができる。

【0491】

またここでは、変調信号Bのみ回転させているが、変調信号Aを回転させても同様に実施することができる。しかし、両方の変調信号を回転させても、一方のみを回転させても、受信品質の改善効果は大きく変わらない。したがって、送信装置4800の回転演算部4904、受信装置5000のMLD523の構成を簡略化することを考えると、一方の変調信号のみ回転させる方がよい。また、ここで挙げた例のように、時間iの信号点配置と時間i+1の信号点配置の関係を $\theta_i - \theta_{i-1} = 10$ 度という固定値にすると送信装置4800の回転演算部4904、受信装置5000のMLD523の演算を簡略化できることになる。

【0492】

ここで、 $\theta_i - \theta_{i-1}$ についてであるが、0、90、180、270度とすると、受信装置5000のMLD523における候補信号点の位置関係は、時間iと時間i+1で変化がなく、受信信号の候補信号点において、ユークリッド距離の関係に変化がないことになる。すると、受信装置5000は、ダイバーシチ効果を得づらく、データの受信品質が改善できる効果が少ないため、適した回転角ではない。同様に考えると、 $\theta_i - \theta_{i-1}$ を45、105、225、315度とした場合もダイバーシチ効果を得づらいため、不適切な値である。

【0493】

因みに、 $\theta_i - \theta_{i-1}$ が0、90、180、270度のときは、受信装置のMLDにおける候補信号点の位置関係は1種類であるが、 $\theta_i - \theta_{i-1}$ が45、105、225、315度のときは2種類となり、このときもダイバーシチ効果を得づらい。つまり、従来の技術のQPSK、 $\pi/4$ シフトQPSKは適していないことになる。

【0494】

適切な値としては、受信信号の候補信号点が複数の信号点配置をとる（複数の最小ユークリッド距離をとる）ように設計するのが望ましい。例えば5度（5度と同様の受信信号の候補信号点配置を与える角度は95、185、275、・・・がある。そして、 $90/5 = 18$ 通りの受信信号の候補信号点配置を与えることになる。）、10度（10度と同様の受信信号の候補信号点配置を与える角度は100、190、280、・・・がある。そして、 $90/10 = 9$ 通りの受信信号の候補信号点配置を与えることになる。）、15度（15度と同様の受信信号の候補信号点配置を与える角度は105、195、285、・・・がある。そして、 $90/15 = 6$ 通りの受信信号の候補信号点配置を与えることになる。）などが考えられる。さらに適した値としては $90/x$ を行い割り切ることができる値である。

【0495】

図56に、変調方式がQPSKの条件で、(14)式により得た、回転角 θ_d とユークリッド距離 d_{r^2} との関係を示す。この図からQPSKでは、回転角を 45° としたときに最適であることが分かる。

【0496】

上述した説明では、位相回転のみの実施の形態を説明したが、送信パワーを切り替える方法を用いてもよい。単独で用いることも可能であり、位相回転と併用することも可能である。図53に、位相回転と送信パワー切り替えを併用したときの受信信号の候補信号点配置例を示す。併用した場合でも、上述したのと同様に、ユークリッド距離の関係、特に、最小ユークリッド距離を変えることができ、これにより、ダイバーシチ効果を得ることができ、データの受信品質を改善することができる。

【0497】

また一方の変調信号は、符号化を行い、かつ、位相回転を与え、もう一方は符号化を行わない方法が考えられる。このとき、文献“Channel coding with multilevel/phase signals,” IEEE Transaction on Information Theory, vol. IT-28, pp. 55-67, January 1982で提案されているトレリス符号化変調をMIMOシステムで実現することに相当する。トレリス符号化変調では、符号化を行って信号点の遷移に対し拘束を与えておりユークリッド距離の離れた信号点を遷移するように設計されている。これと同等の効果を得るためには、MIMOシステムでは回転角を与えることが重要となる。例えば2スロット間で考えた場合、位相を回転すると時間Tと時間T+1で受信した際の信号点配置が変わり、これによりユークリッド距離が異なることになる。したがって、位相回転を与え、符号化を行うことは、トレリス符号化変調と同様に、信号点の遷移に対し拘束を与えていることになる。

【0498】

以上において、スペクトル拡散通信を行っている場合について説明したがこれに限ったものではなく、拡散部、逆拡散部がない場合、つまり、シングルキャリア方式についても同様に実施することができる。

【0499】

そして、OFDMなどのマルチ方式についても同様に実施することができる。この場合、時間軸に対し、送信信号に回転を与える方法の他に、時間軸の考え方を周波数軸に展開する、つまり、サブキャリア（キャリア）ごとに異なる信号点配置（回転）を与えることができることになる。このとき、簡単な構成の一例として、サブキャリアごとに一意の位相回転とする方法が考えられる。つまり、サブキャリア0の信号点配置に対し、サブキャリア1には θ_1 、サブキャリア2には θ_2 の位相回転、・・・、サブキャリアnには θ_n の位相回転を与える。

【0500】

また本実施の形態において、畳み込み符号のほかに、LDPC、ターボ符号などを適用しても同様に実施することができる。

【0501】

(5) 実施の形態5

本実施の形態では、通信相手から送信された情報に基づき、異なる変調信号を異なるアンテナから送信し、多重する送信方法において、変調信号の信号点配置を決定する方法について詳しく説明する。

【0502】

図54は、本実施の形態における基地局の構成の一例を示しており、図48と同様に動作するものについては、同一符号を付した。

【0503】

まず、端末から送信された信号を受信アンテナ5401で受信する。受信装置5403は、受信アンテナ5401で受信した受信信号5402を入力とし、復調し、受信デジタル信号5504を出力する。

【0504】

信号点配置決定部5405は、受信デジタル信号5504を入力とし、フィードバック情報を抽出し、フィードバック情報から、信号点配置を決定し、信号点配置制御信号5406を出力する。

【0505】

変調部304、314は、この信号点配置制御信号5406に基づいて、信号点配置を行う。

【0506】

ただし、基地局は、変調部で施した信号点配置について端末に通知する必要がある、基地局が送信する送信信号には、この情報が含まれているものとする。ここで、フィードバック情報、信号点配置の制御方法、端末の動作については、後で詳しく説明する。

【0507】

図55は、本実施の形態における端末の構成の一例を示しており、図50と同様に動作するものについては同一符号を付している。

【0508】

MLD523は、変調信号Aの伝送路推定信号508、518、変調信号Bの伝送路推定信号510、520に基づき、受信信号点状況の情報5501を出力する。受信信号点状況の情報5501としては、最小ユークリッド距離や固有値の状況、または、変調信号A、Bの伝送路推定信号などが適しているがこれに限ったものではない。

【0509】

フィードバック情報生成部5502は、受信信号点状況の情報5501を入力とし、フィードバック情報5503を出力する。フィードバック情報としては、最小ユークリッド距離や固有値の状況、または、変調信号A、Bの伝送路推定信号とし、基地局がこれらの情報に基づいて信号点配置を決定する方法が考えられる。また、別の方法として、フィードバック情報は、基地局に要求する信号点配置情報とするというように、端末が信号点配置を決定してもよい。

【0510】

送信装置は、フィードバック情報5503、送信デジタル信号5504を入力とし、送信信号5506を生成し、出力する。そして、送信信号5506は、送信アンテナ5507から出力される。

【0511】

図56は、端末が送信する送信信号のフレーム構成であり、データシンボル5601、フィードバック情報シンボル5602で構成されているものとする。

【0512】

次に、信号点配置の方法の制御方法について説明する。例えば、図52(a)のように基地局は変調信号A、Bを送信するものとする。そして、端末は図51(a)のように受信することになるものとする。このことは、MLD523から出力された最小ユークリッド距離や固有値の状況、または、変調信号A、Bの伝送路推定信号などの情報である受信信号点状況の情報5501からわかる。そして、最小ユークリッド距離が図51(b)のように、端末において、データの受信品質がよくなるように、端末、または、基地局が信号点配置を変更する。例えば、基地局は、図52(b)のように信号点配置を施すように信号点配置を変更するものとする。

【0513】

以上のように、通信相手から送信された情報に基づき、異なる変調信号を異なるアンテナから送信し、多重する送信方法において、変調信号の信号点配置を決定する方法とすることで、データの受信品質が向上するという効果を有する。特に、実施の形態4と同様に、直接波が支配的な環境のとき、大きな効果を有することになる。

【0514】

以上において、スペクトル拡散通信を行っている場合について説明しているがこれに限ったものではなく、拡散部、逆拡散部がない場合、つまり、シングルキャリア方式につい

でも同様に実施することができる。そして、OFDMなどのマルチ方式についても同様に実施することができる。

【0515】

また、信号点配置の変更は、位相回転のみではなく、他の実施の形態で説明したように、送信パワーを変更しても同様の効果を有する。このとき、送信パワーのみの変更でもよいし、送信パワーと位相回転を併用してもよい。

【0516】

なお、本発明は上記実施の形態1～5に限定されず、種々変更して実施することが可能である。例えば、上記実施の形態では、通信装置として行う場合について説明しているが、これに限られるものではなく、この通信方法をソフトウェアとして行うことも可能である。

【0517】

例えば、上記通信方法を実行するプログラムを予めROM (Read Only Memory) に格納しておき、そのプログラムをCPU (Central Processor Unit) によって動作させるようにしても良い。

【0518】

また、上記通信方法を実行するプログラムをコンピュータで読み取り可能な記憶媒体に格納し、記憶媒体に格納されたプログラムをコンピュータのRAM (Random Access Memory) に記録して、コンピュータをそのプログラムにしたがって動作させるようにしても良い。

【産業上の利用可能性】

【0519】

本発明は、複数のアンテナからそれぞれ異なる変調信号を送信する無線システムに広く適用でき、例えばOFDM-MIMO通信システムに適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【0520】

- 【図1】 実施の形態1におけるフレーム構成を示す図
- 【図2】 実施の形態1における信号点配置例を示す図
- 【図3】 実施の形態1における送信装置の構成示すブロック図
- 【図4】 実施の形態1における変調部の構成を示すブロック図
- 【図5】 実施の形態1における受信装置の構成を示すブロック図
- 【図6】 実施の形態1における復調部の構成例を示すブロック図
- 【図7】 復調部の他の構成例を示すブロック図
- 【図8】 実施の形態1におけるフレーム構成を示す図
- 【図9】 実施の形態1におけるフレーム構成を示す図
- 【図10】 実施の形態1における信号点配置を示す図
- 【図11】 実施の形態1における復調部の構成を示す図
- 【図12】 実施の形態1におけるフレーム構成を示す図
- 【図13】 実施の形態1における受信状態を示す図
- 【図14】 実施の形態2におけるフレーム構成を示す図
- 【図15】 実施の形態2におけるフレーム構成を示す図
- 【図16】 実施の形態2における送受信アンテナの関係を示す図
- 【図17】 実施の形態2における送信装置の構成を示すブロック図
- 【図18】 実施の形態2における受信装置の構成を示すブロック図
- 【図19】 実施の形態2における復調部の構成を示すブロック図
- 【図20】 実施の形態2におけるフレーム構成を示す図
- 【図21】 実施の形態2におけるフレーム構成を示す図
- 【図22】 実施の形態2における送信装置の構成を示すブロック図
- 【図23】 実施の形態2における復調部の構成を示すブロック図
- 【図24】 実施の形態2におけるフレーム構成を示す図

- 【図 2 5】 実施の形態 2 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 2 6】 実施の形態 3 における送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 2 7】 実施の形態 3 における受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 2 8】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 2 9】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 0】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 1】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 2】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 3】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 4】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 5】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 6】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 7】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 8】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 3 9】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 0】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 1】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 2】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 3】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 4】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 5】 実施の形態 3 におけるフレーム構成を示す図
- 【図 4 6】 実施の形態 4 におけるインターリーブの説明に供する図
- 【図 4 7】 実施の形態 4 における信号点配置例を示す図
- 【図 4 8】 実施の形態 4 の送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 4 9】 実施の形態 4 の変調部の構成を示すブロック図
- 【図 5 0】 実施の形態 4 の受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 5 1】 実施の形態 4 の動作の説明に供する図
- 【図 5 2】 実施の形態 4 における信号点配置例を示す図
- 【図 5 3】 実施の形態 4 の動作の説明に供する図
- 【図 5 4】 実施の形態 5 の基地局の構成を示すブロック図
- 【図 5 5】 実施の形態 5 の通信端末の構成を示すブロック図
- 【図 5 6】 回転角とユークリッド距離との関係を示す図
- 【図 5 7】 従来のフレーム構成の一例を示す図

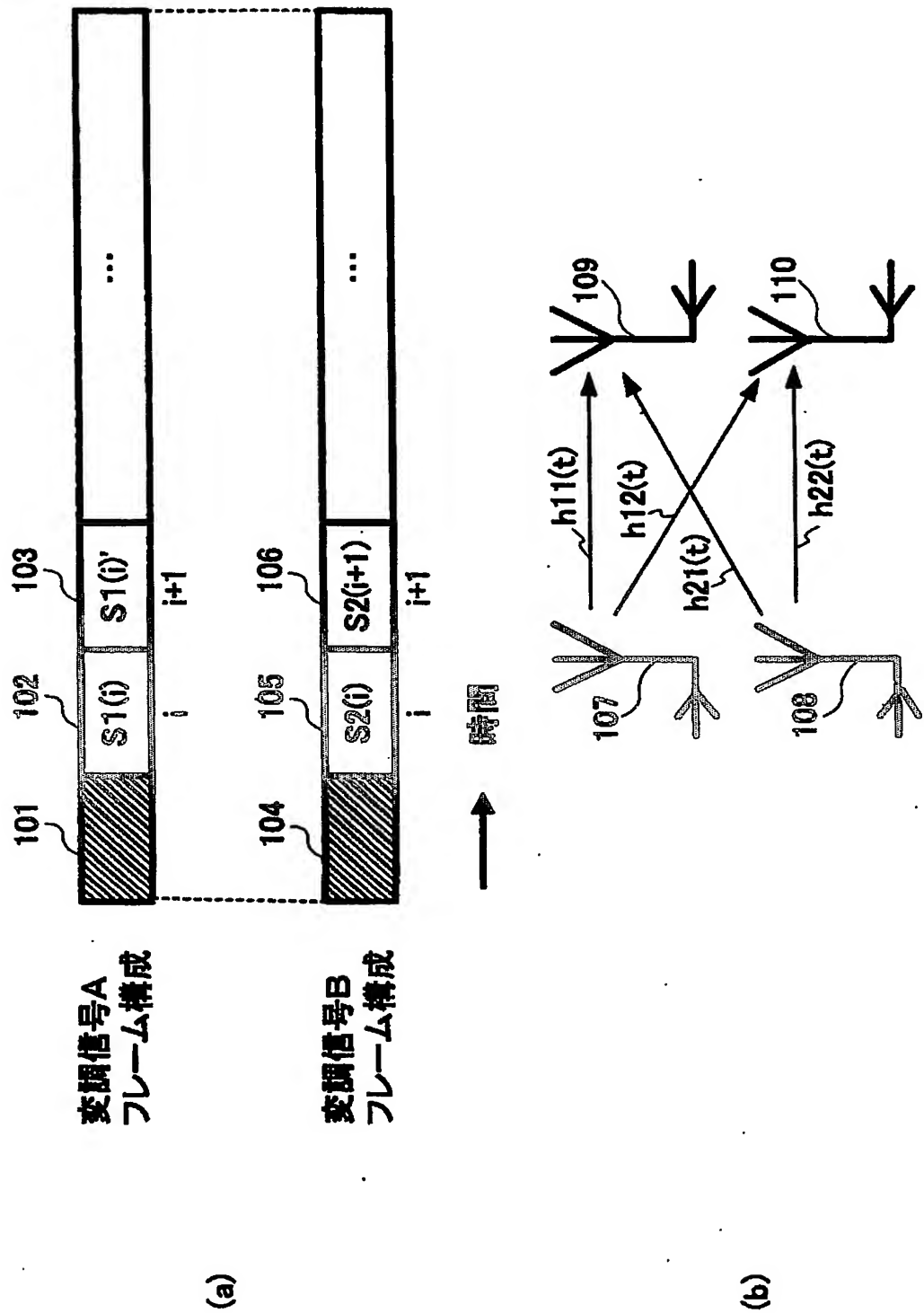
【符号の説明】

【0 5 2 1】

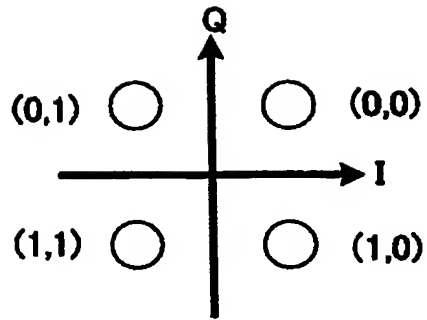
- 1 0 1、1 0 4 電波伝搬環境推定シンボル
- 1 0 2、1 0 3、1 0 5、1 0 6 データシンボル
- 1 0 7、1 0 8 送信アンテナ
- 1 0 9、1 1 0 受信アンテナ
- 3 0 1、3 1 3 送信デジタル信号
- 3 0 2 符号化部
- 3 0 3 符号化後のデジタル信号
- 3 0 4、3 1 4 変調部
- 3 0 5、3 1 5 送信直交ベースバンド信号
- 3 0 6、3 1 6 拡散部
- 3 0 7、3 1 7 拡散後の送信直交ベースバンド信号
- 3 0 8、3 1 8 無線部
- 3 0 9、3 1 9 変調信号
- 3 1 0、3 2 0 電力増幅器
- 3 1 1、3 2 1 増幅後の変調信号

3 1 2、3 2 2 アンテナ
3 2 3 フレーム構成信号生成部
3 2 4 フレーム構成信号
4 0 1 符号化後のデジタル信号
4 0 2 マッピング部 X
4 0 3 第 1 のマッピングされた送信直交ベースバンド信号
4 0 4 マッピング部 Y
4 0 5 第 2 のマッピングされた送信直交ベースバンド信号
4 0 6 フレーム構成信号
4 0 7 信号選択部
4 0 8 選択された送信直交ベースバンド信号
5 0 1、5 1 1 アンテナ
5 0 2、5 1 2 受信信号
5 0 3、5 1 3 無線部
5 0 4、5 1 4 受信直交ベースバンド信号
5 0 5、5 1 5 逆拡散部
5 0 6、5 1 6 逆拡散後の受信直交ベースバンド信号
5 0 7、5 1 7 変調信号 A 伝送路推定部
5 0 8、5 1 8 変調信号 A の伝送路推定信号
5 0 9、5 1 9 変調信号 B 伝送路推定部
5 1 0、5 2 0 変調信号 B の伝送路推定信号
5 2 1 フレーム同期信号
5 2 2 フレーム構成信号
5 2 3 復調部
5 2 4 変調信号 A の受信デジタル信号
5 2 5 変調信号 B の受信デジタル信号
6 0 8 変調信号 A, B 復調部
6 0 9 変調信号 A の受信デジタル信号
6 1 0 変調信号 B 復調部
6 1 1、6 1 2 変調信号 B の受信デジタル信号
7 0 1 第 1 の軟判定値信号
7 0 2 第 2 の軟判定値信号
1 1 0 1 第 3 の軟判定値信号
1 3 0 1 受信信号点
1 3 0 2 信号点

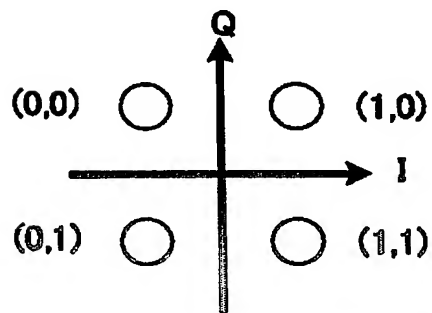
【書類名】 図面
【図 1】



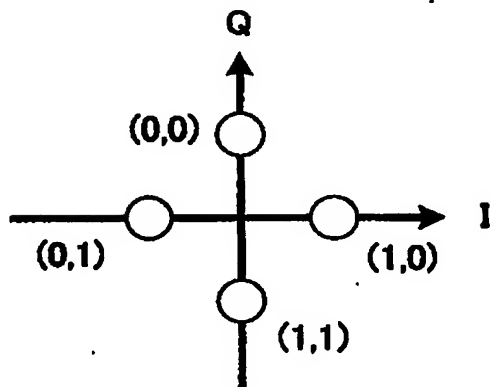
【図 2】



(a) S1(i)の信号点配置



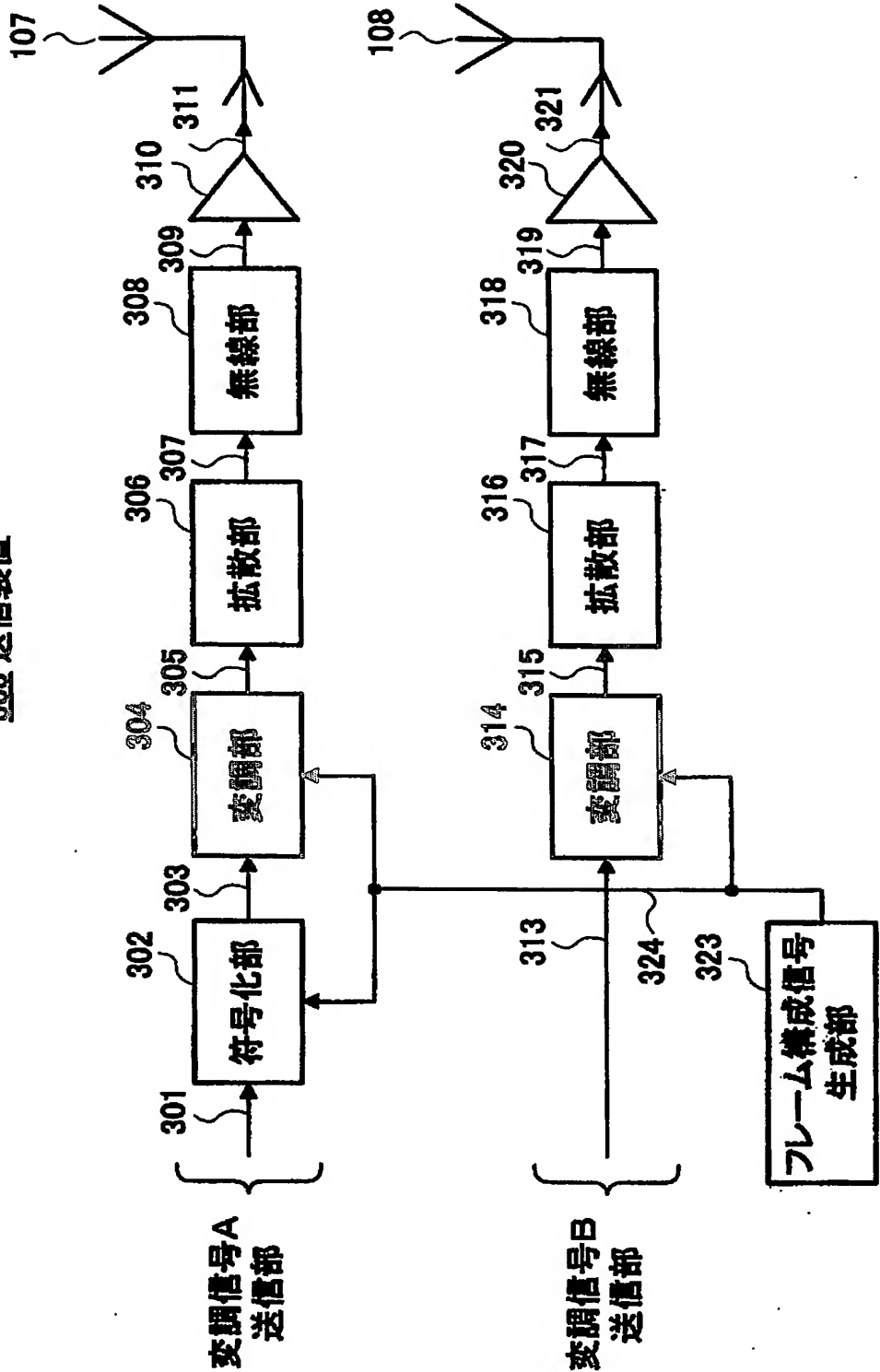
(b) S1(i)'の信号点配置



(c) S1(i)'の信号点配置

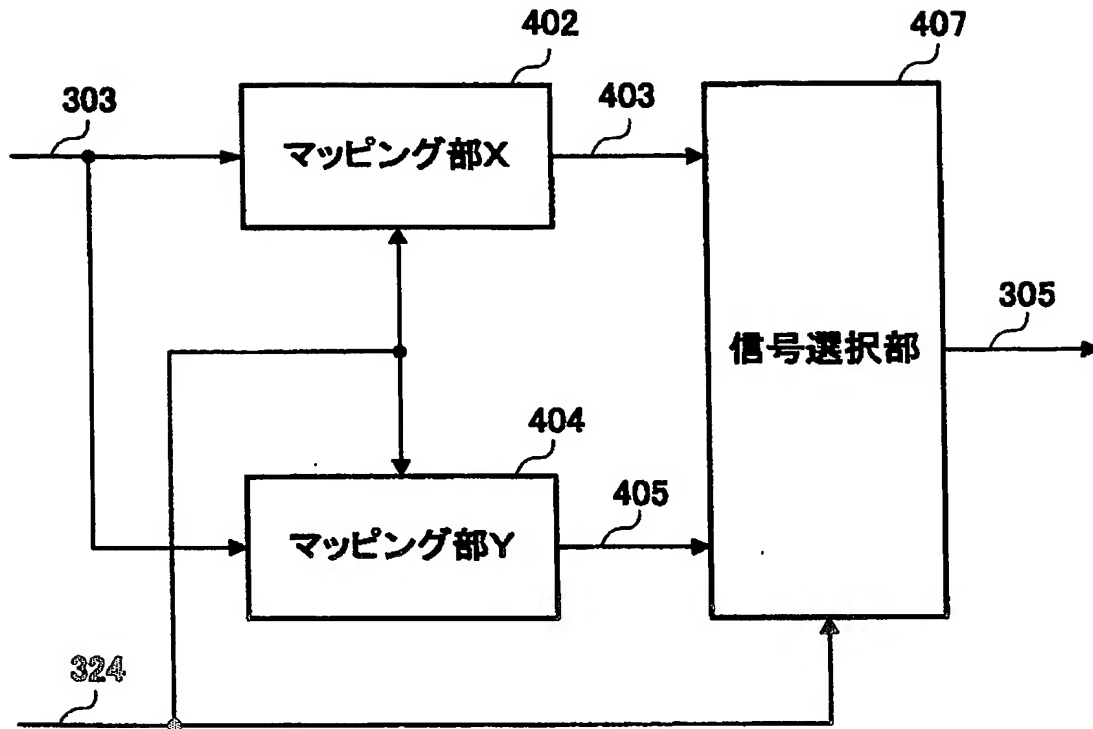
【図 3】

300 送信装置



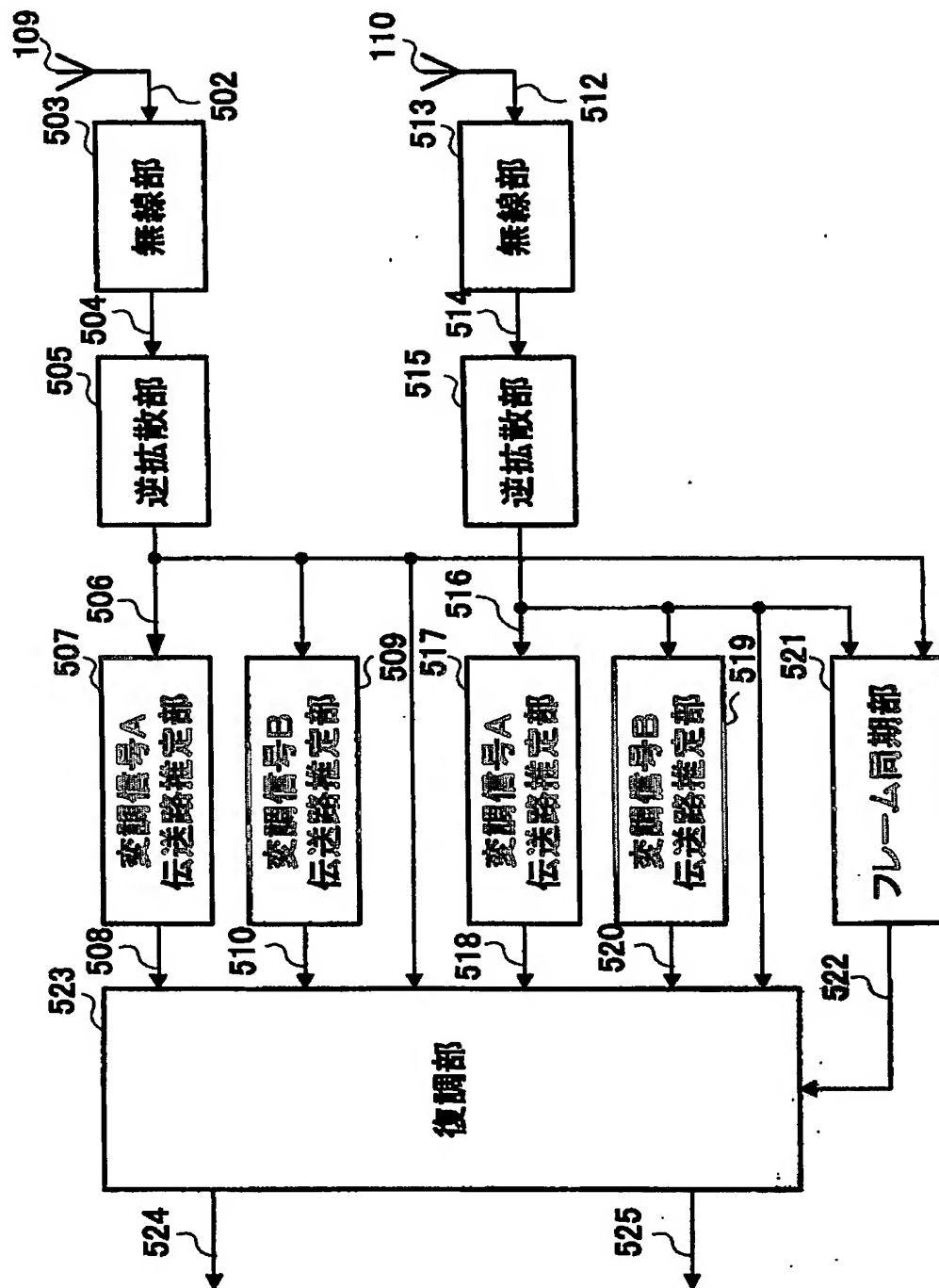
【図 4】

304 変調部

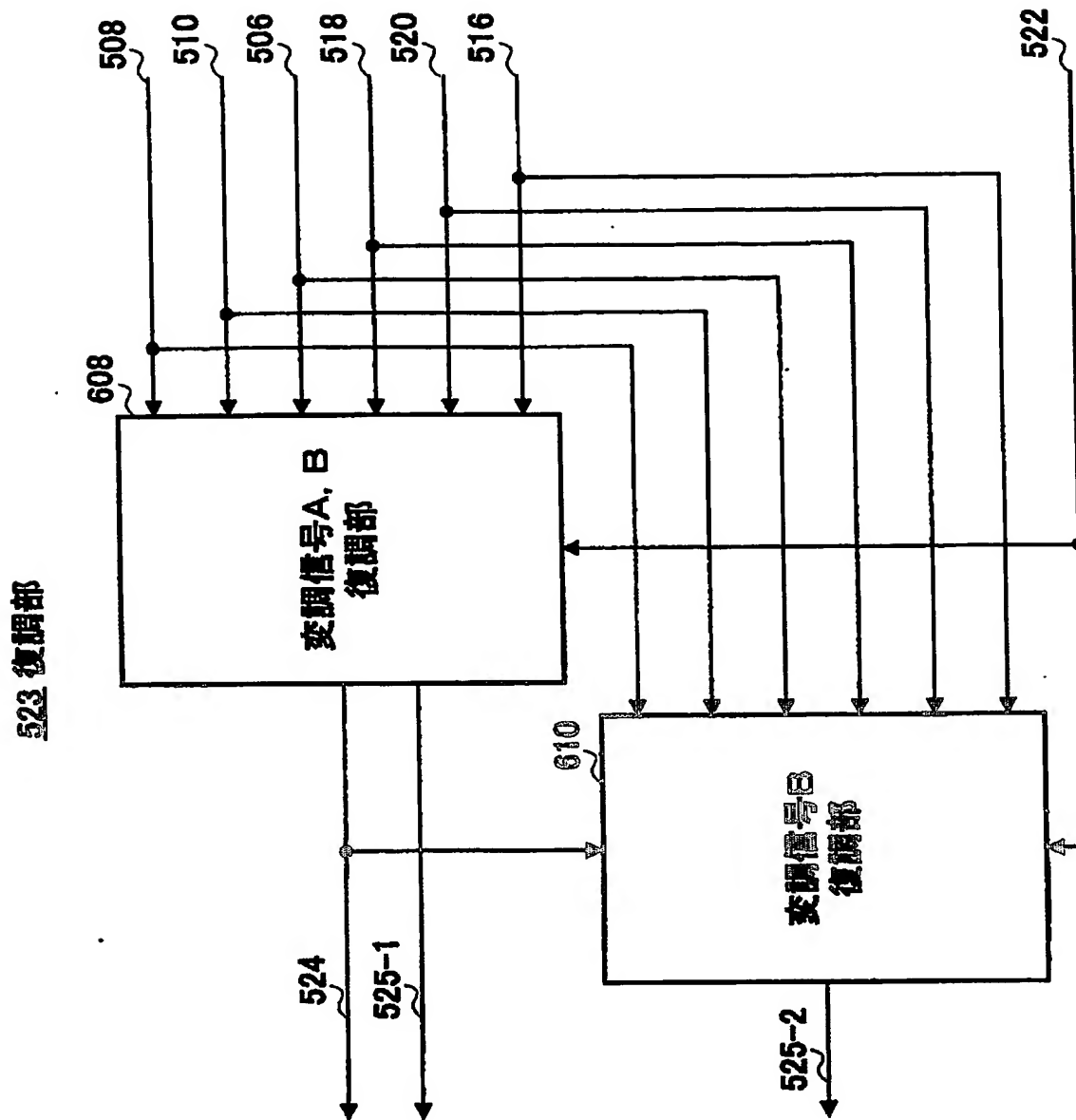


【図 5】

500 受信装置

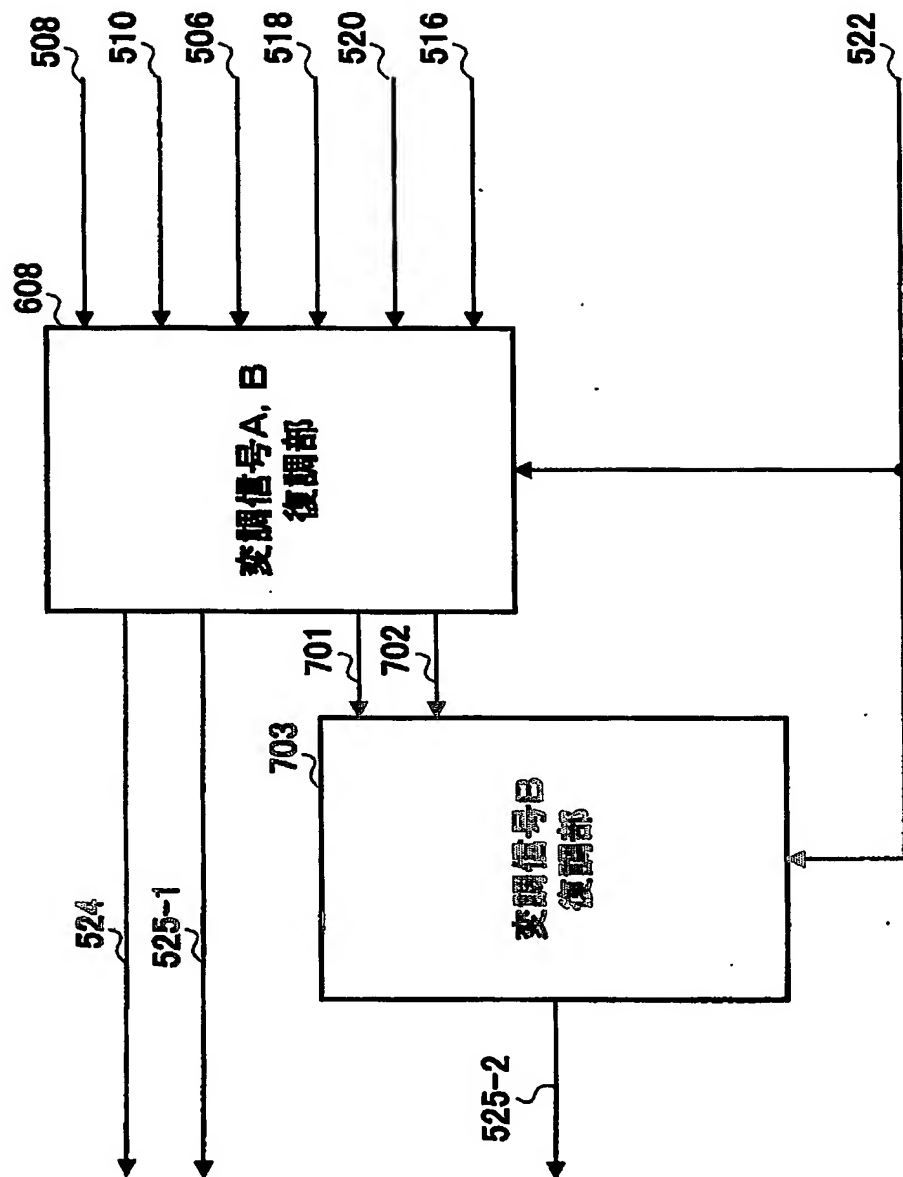


【図 6】

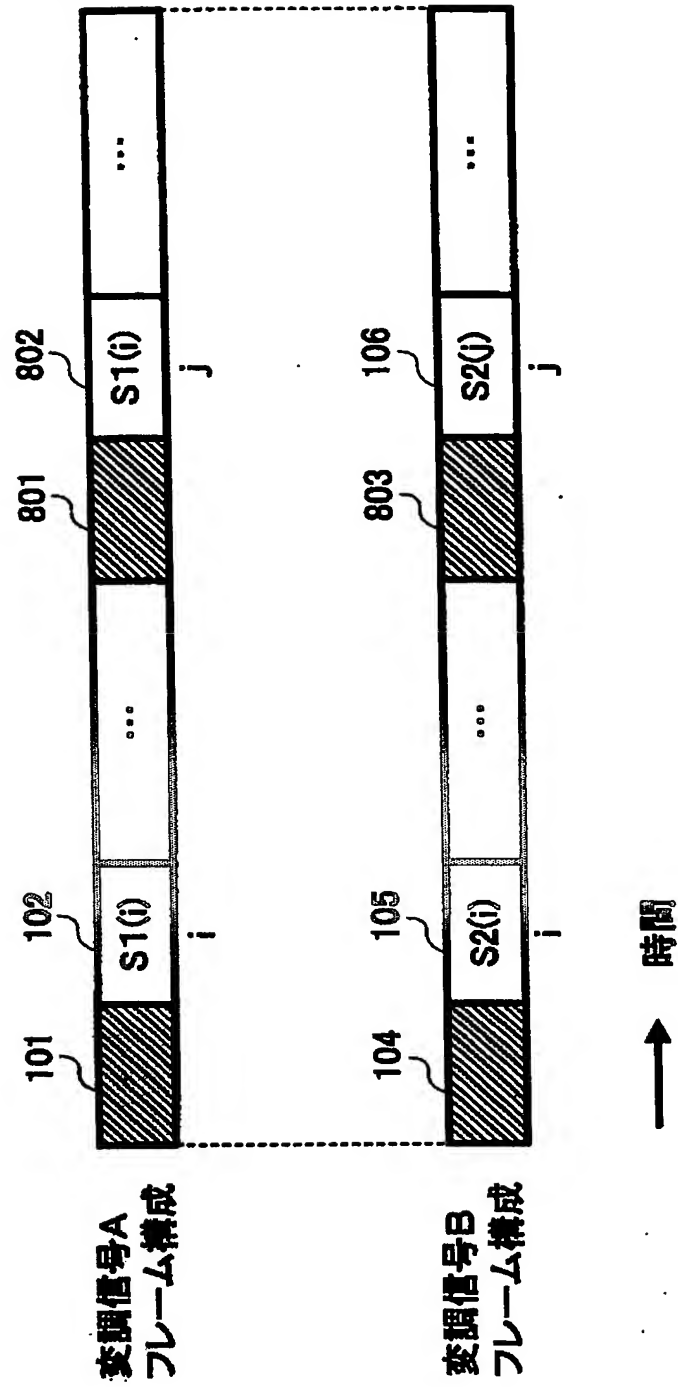


【図 7】

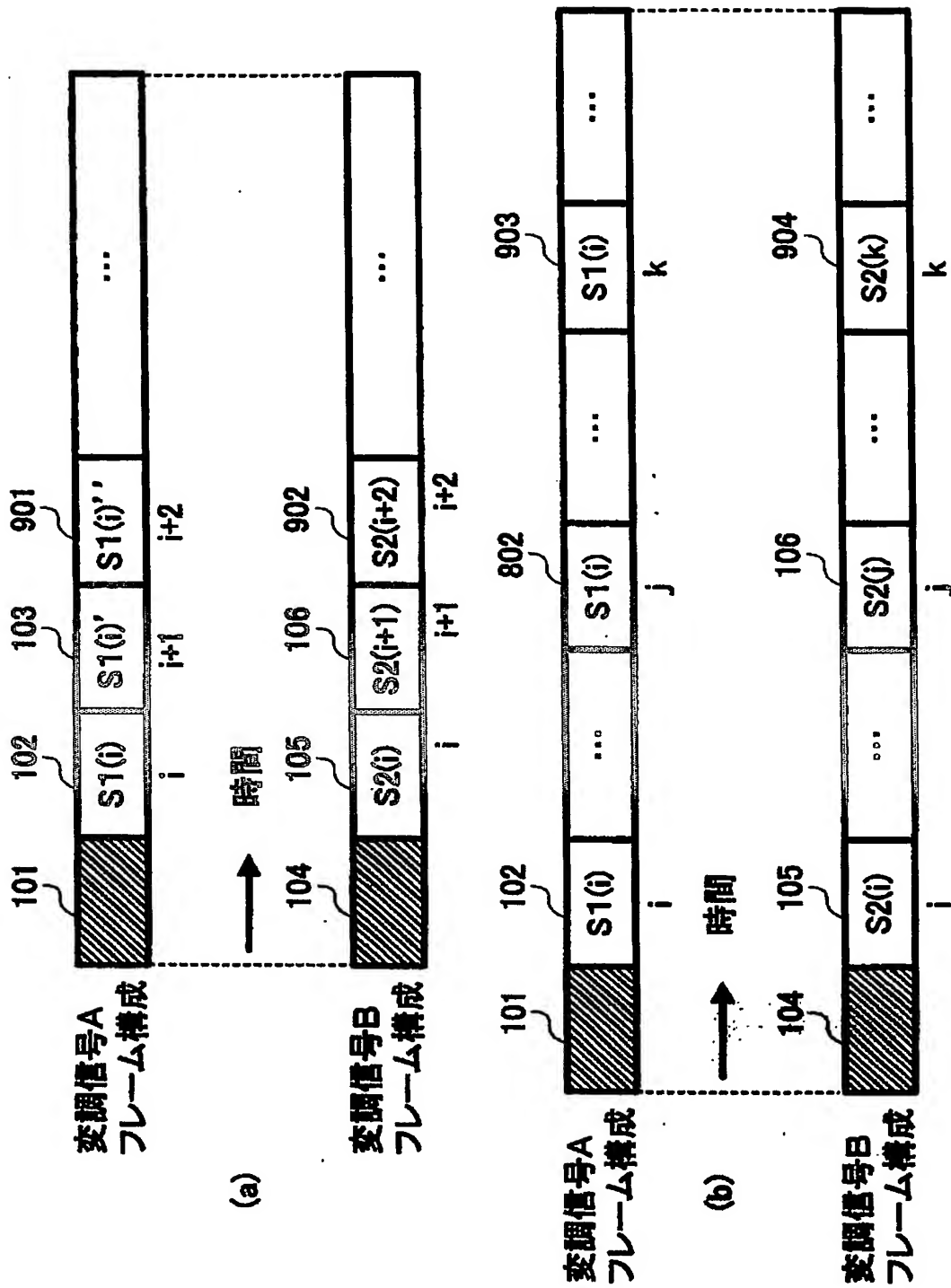
523 復調部



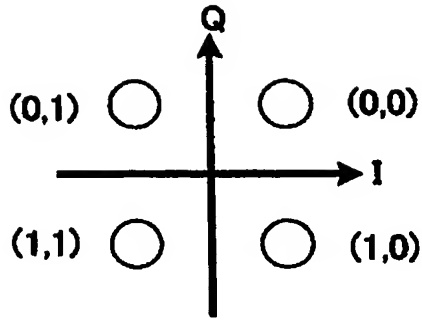
【図 8】



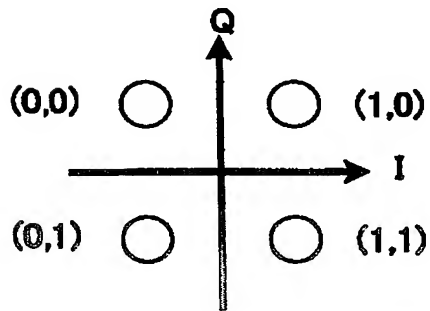
【図 9】



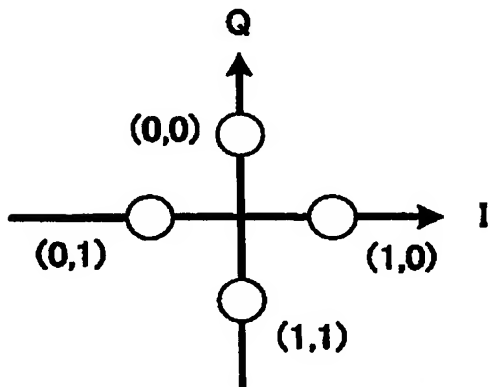
【図 10】



(a) $S1(i)$ の信号点配置



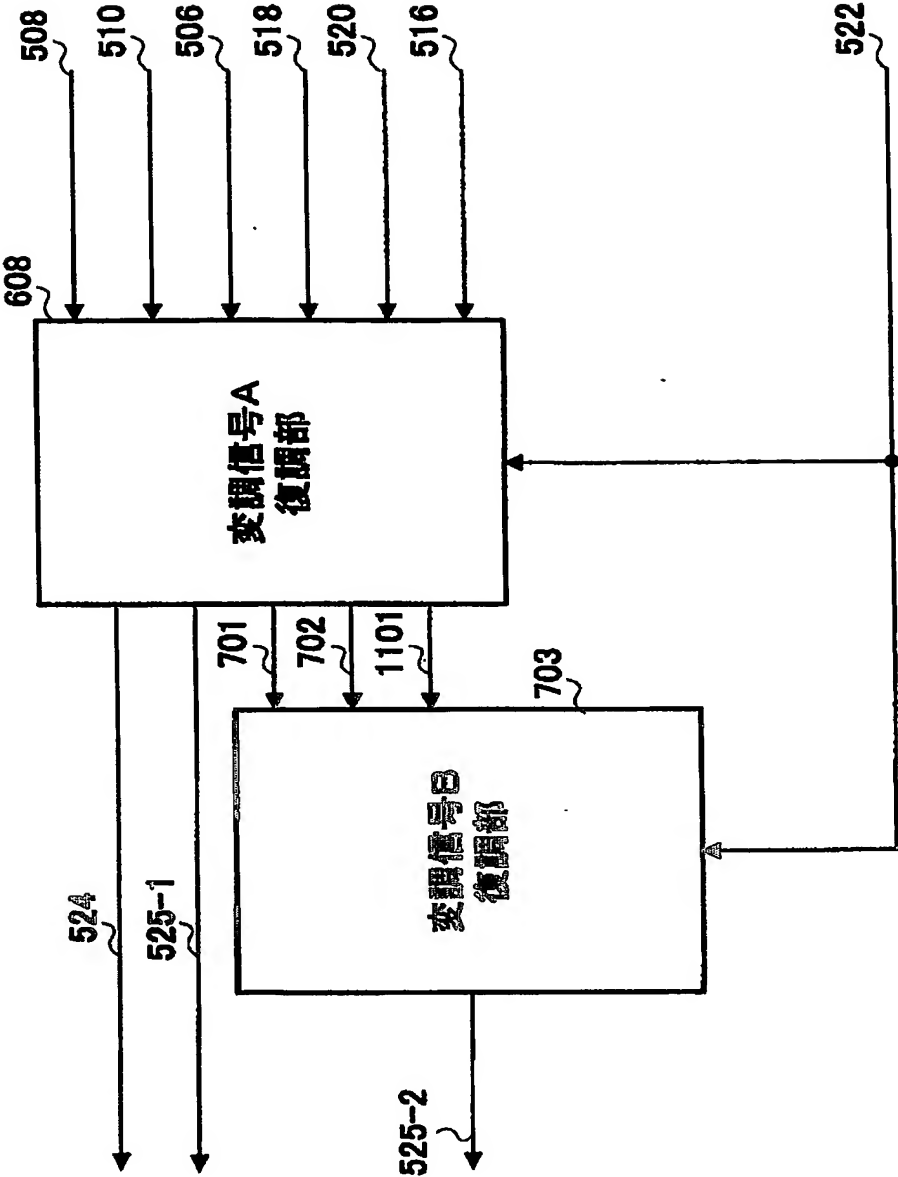
(b) $S1(i)'$ の信号点配置



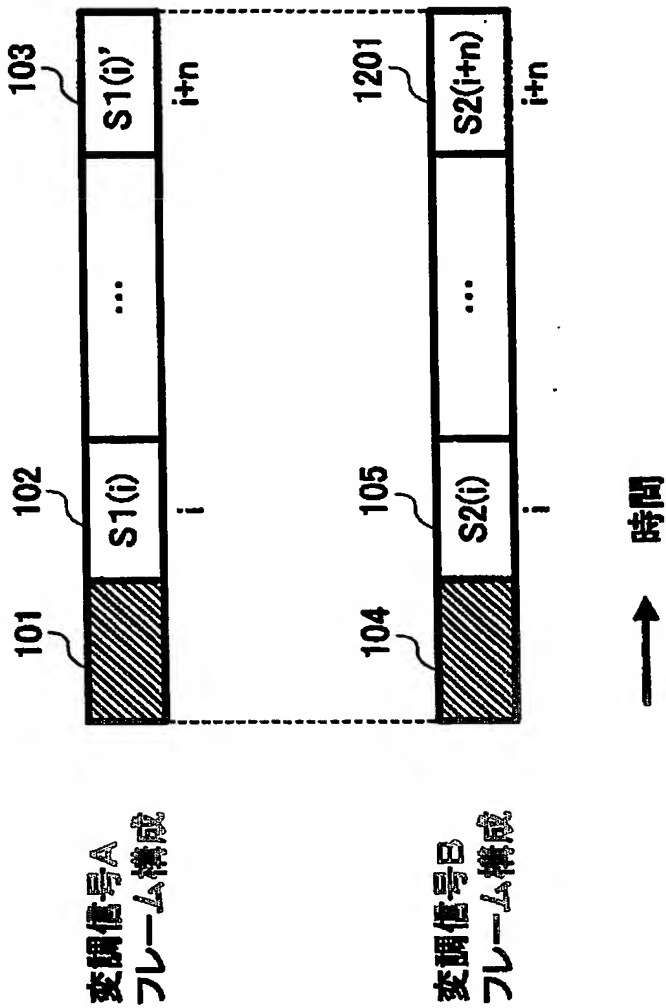
(c) $S1(i)''$ の信号点配置

【図 11】

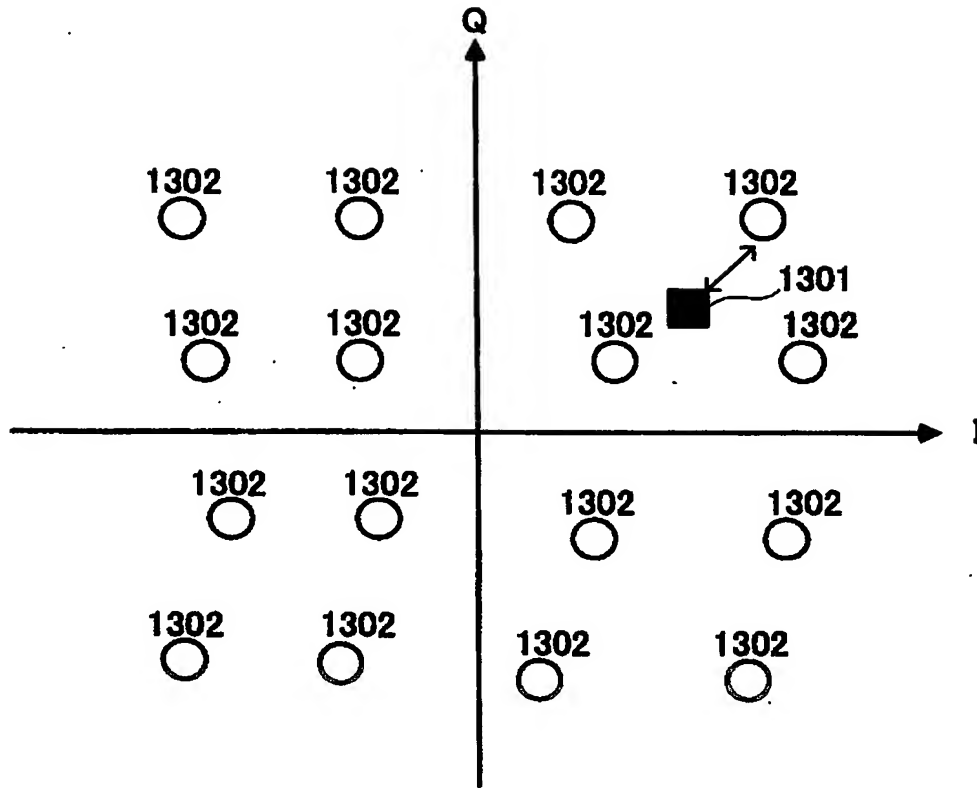
523 復調部



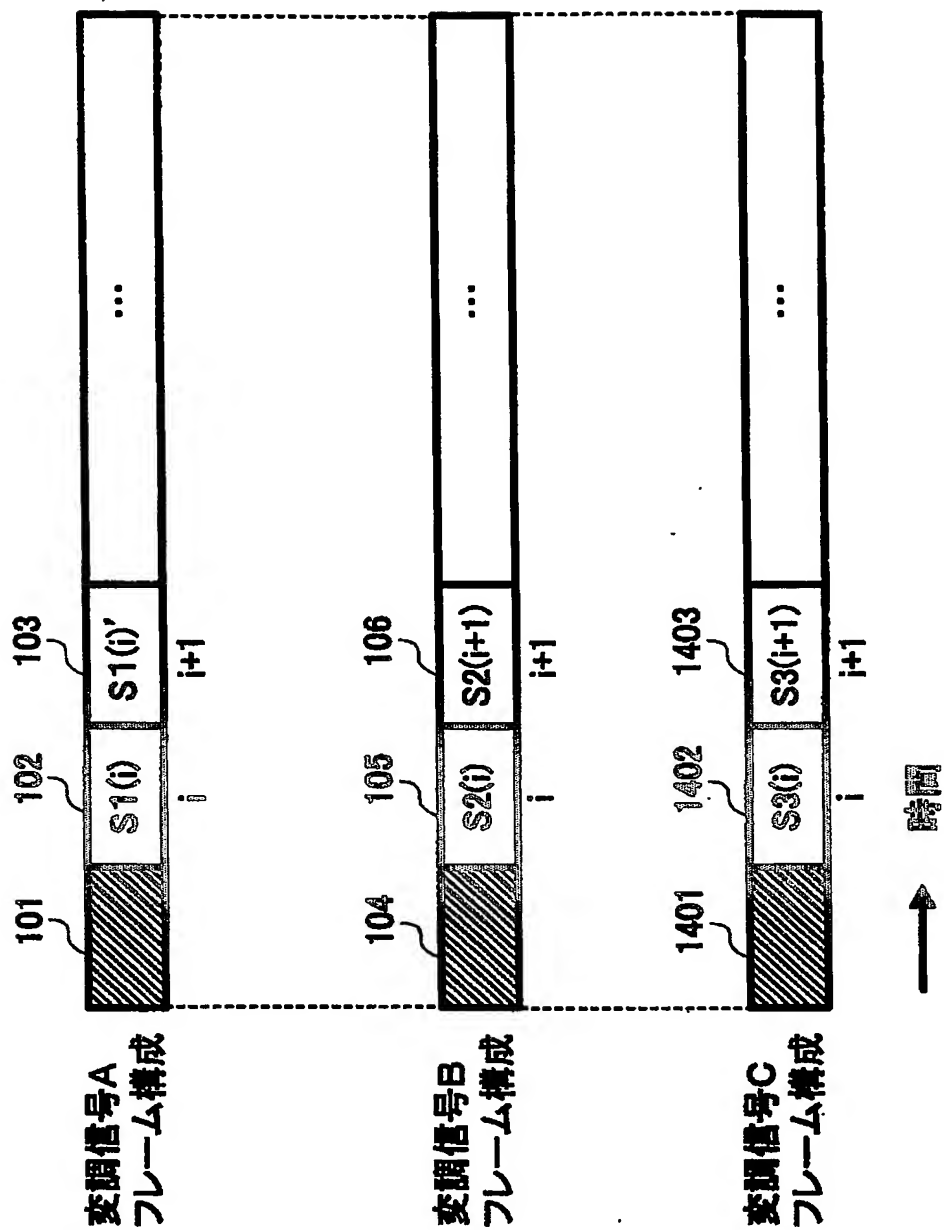
【図 12】



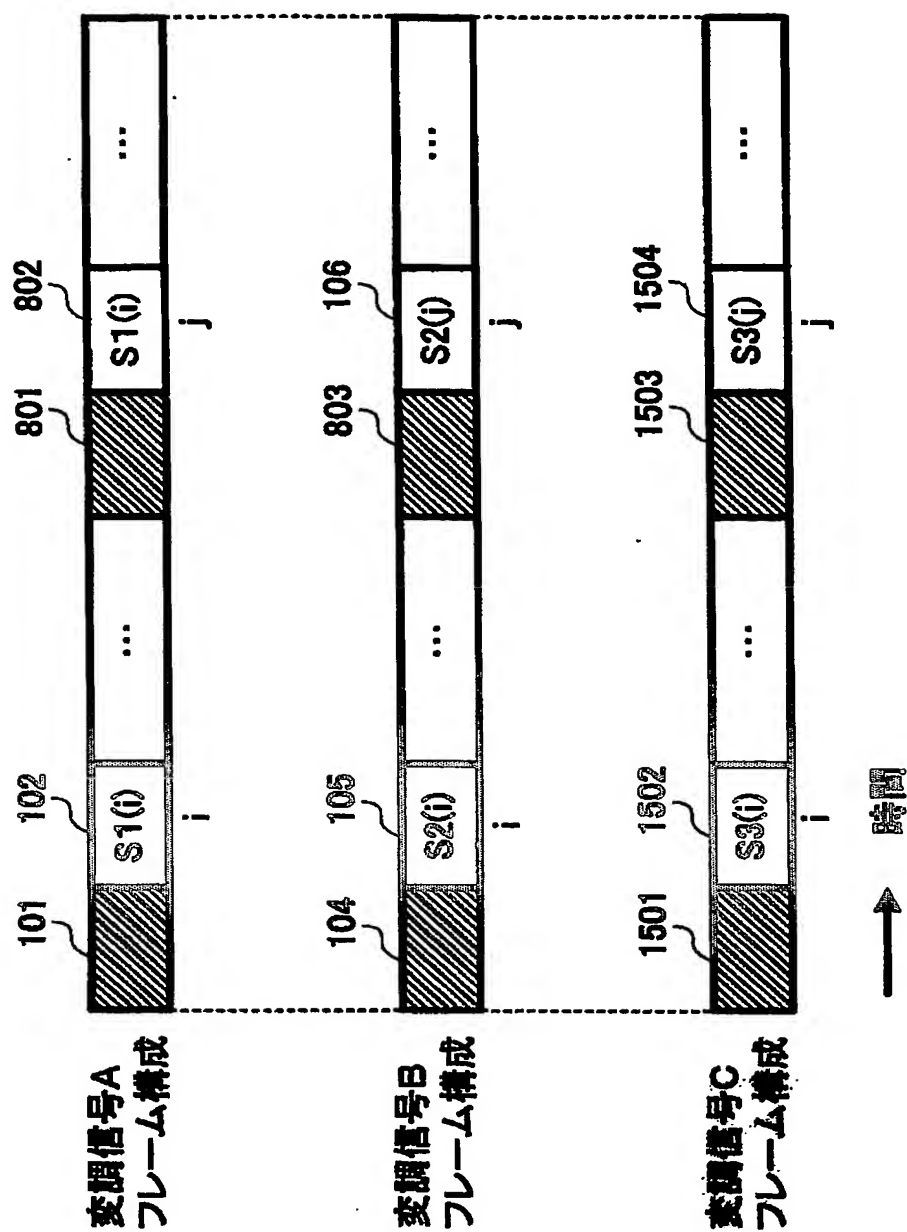
【図 13】



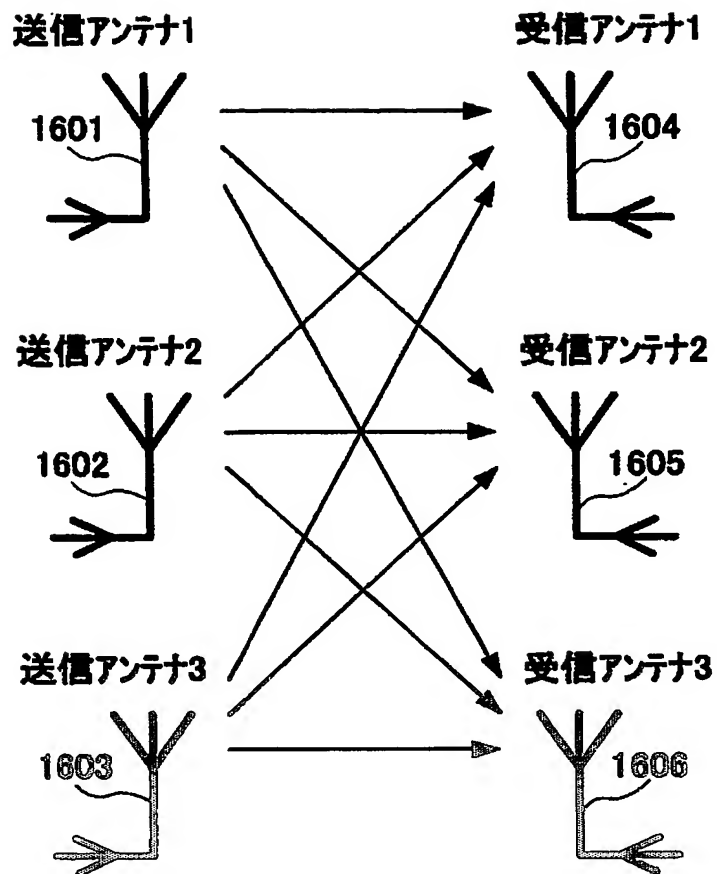
【図 14】



【図 15】

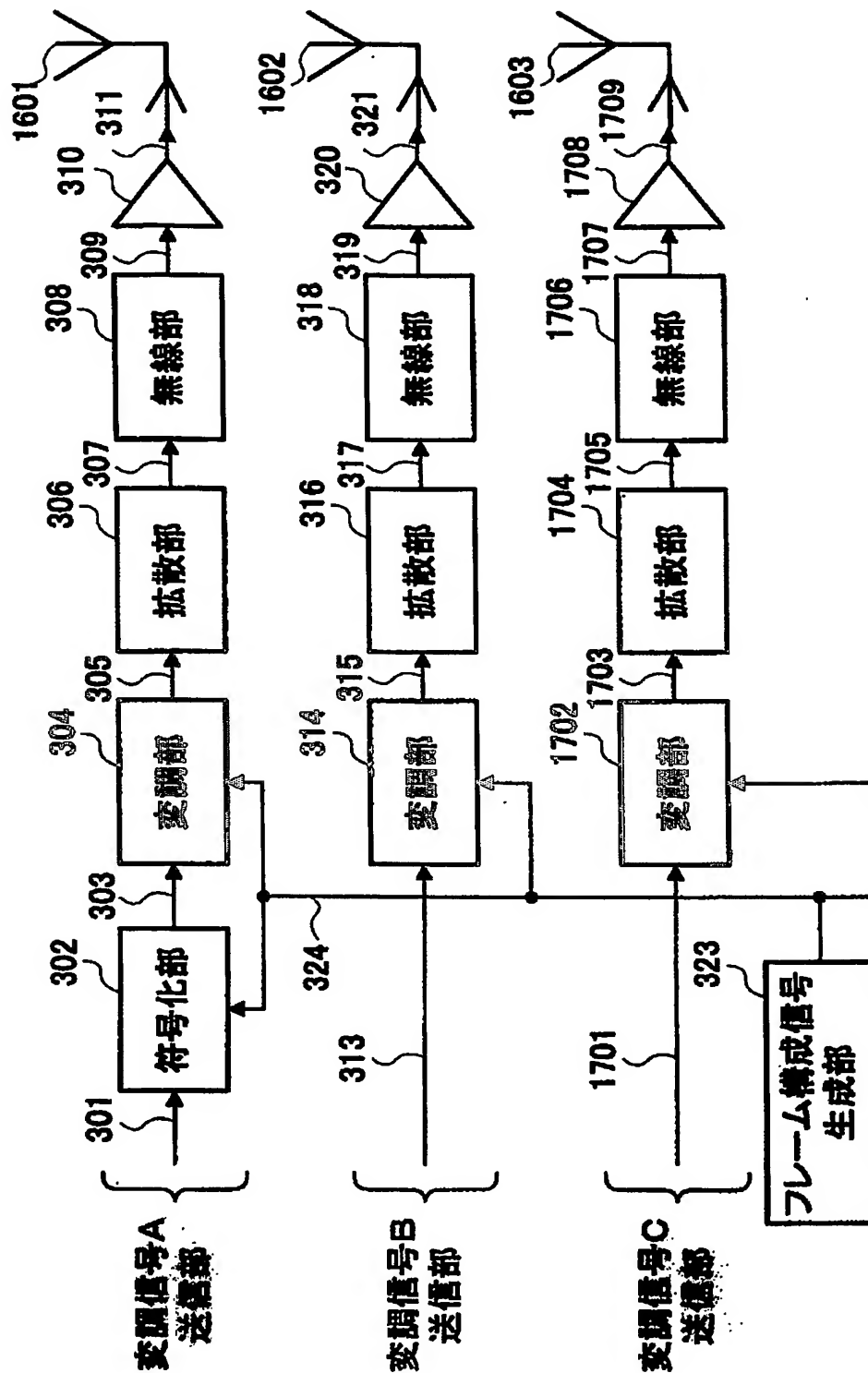


【図 16】



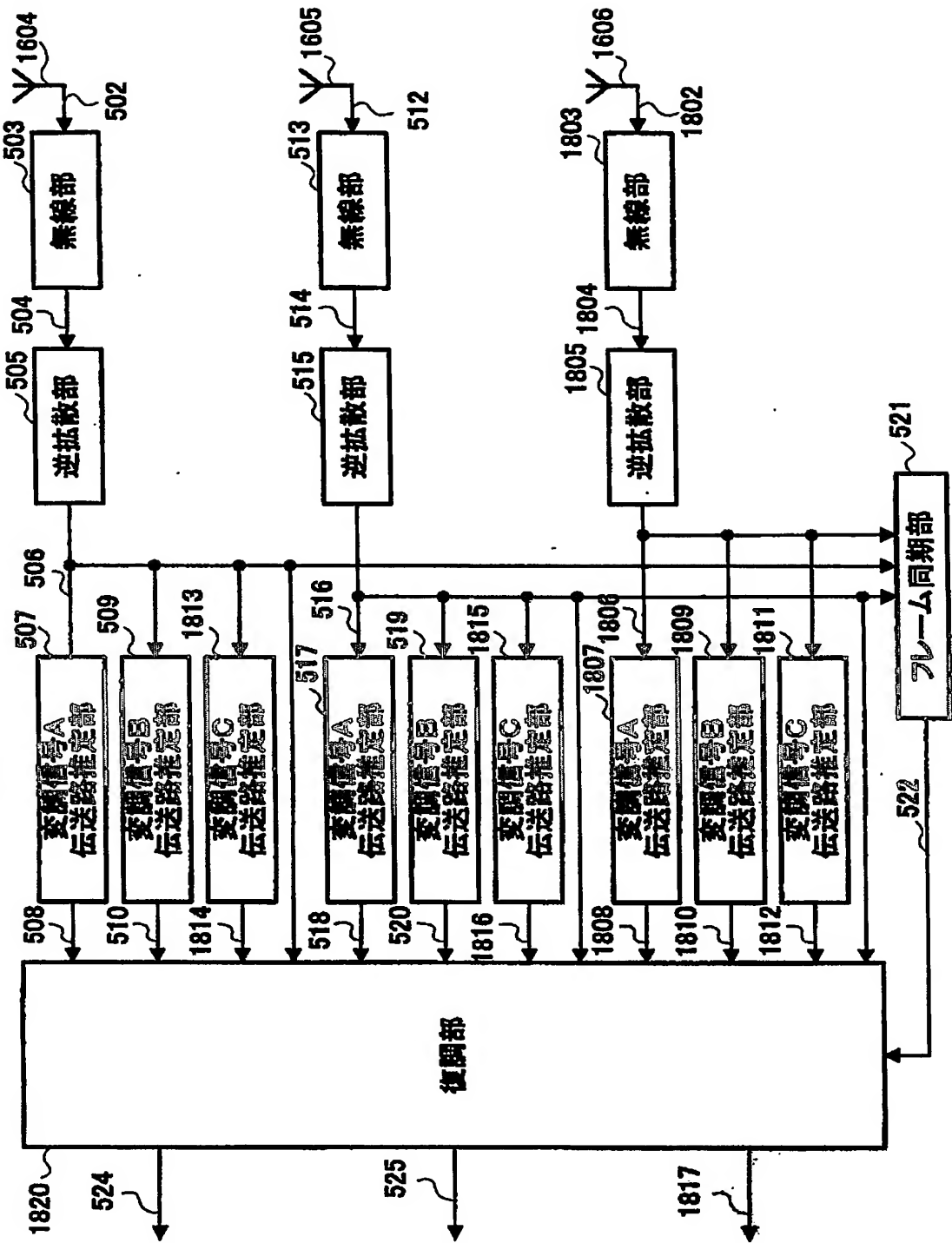
【図 17】

1700 送信装置

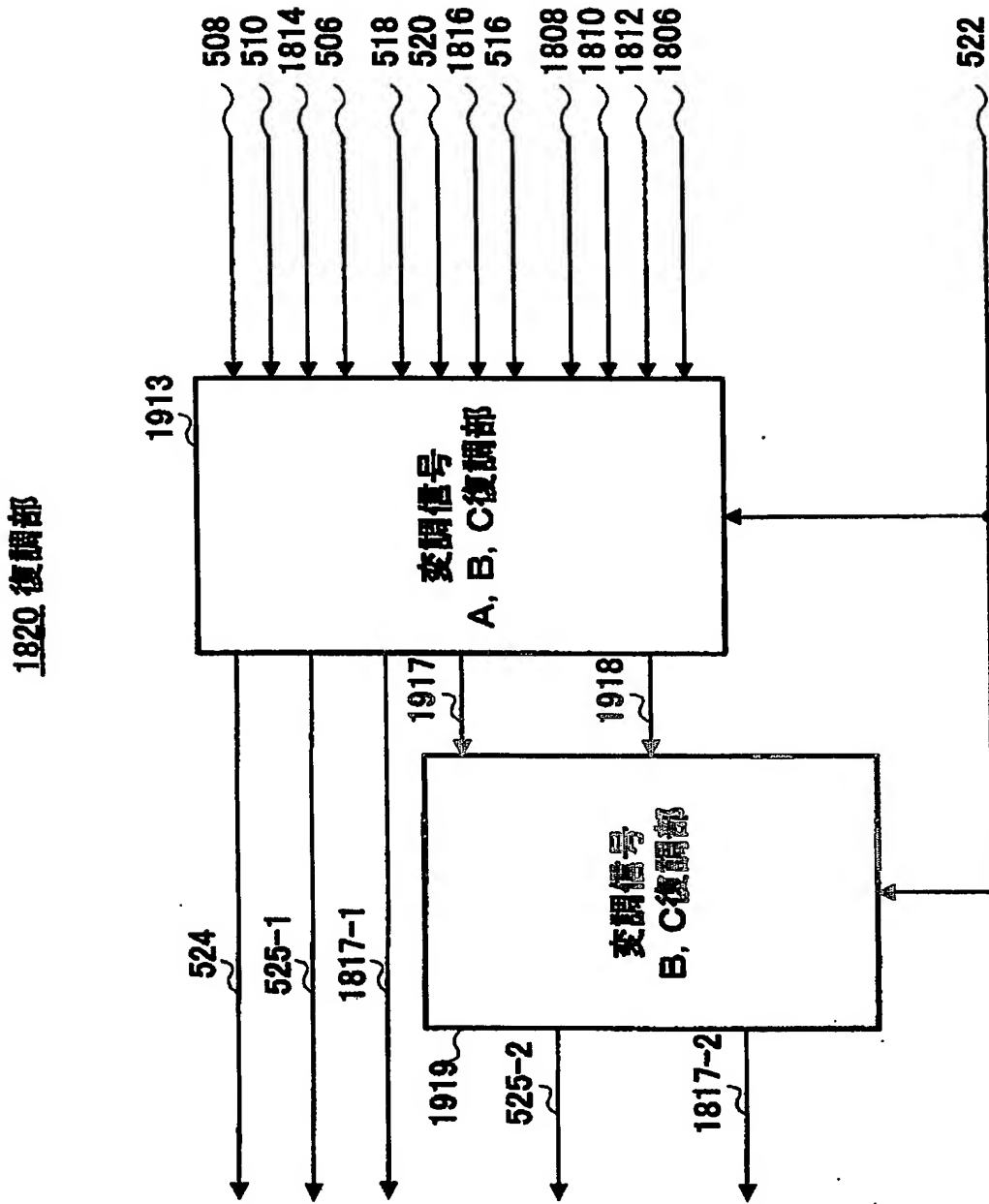


【図18】

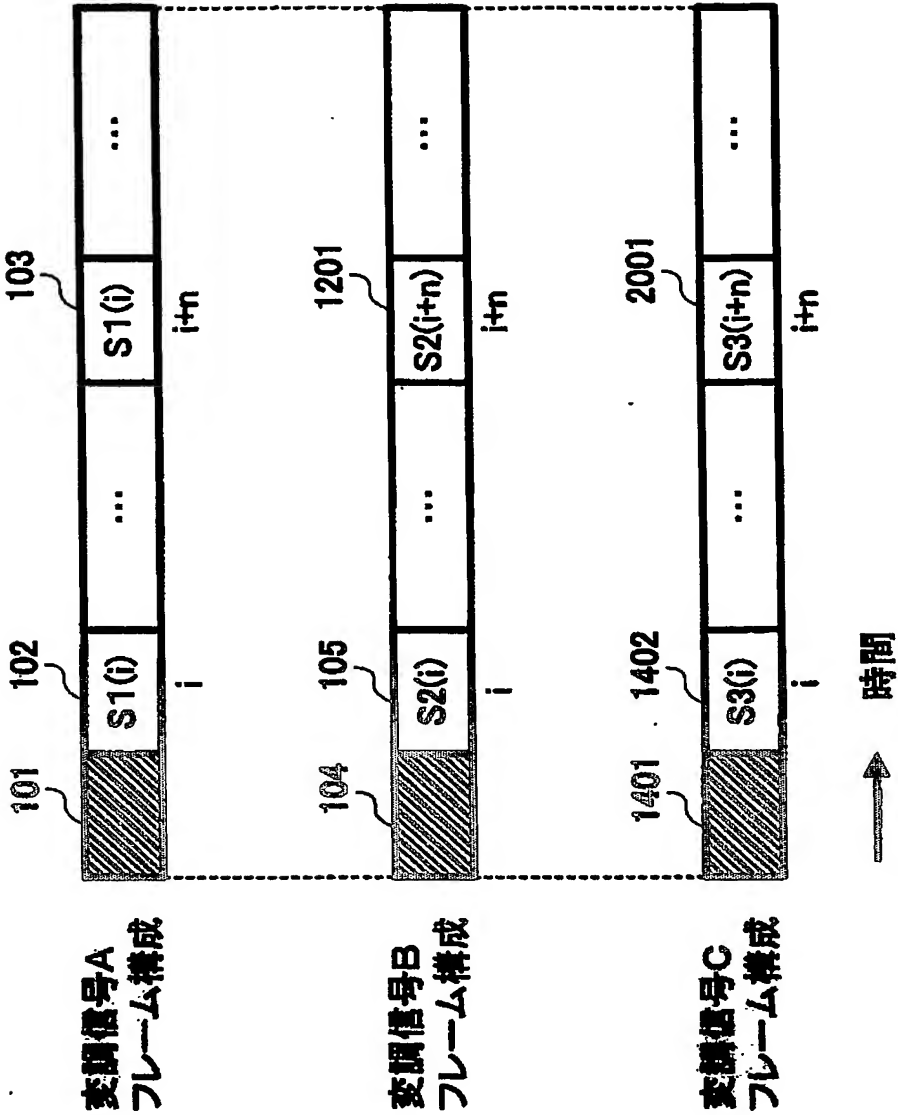
1800 受信装置



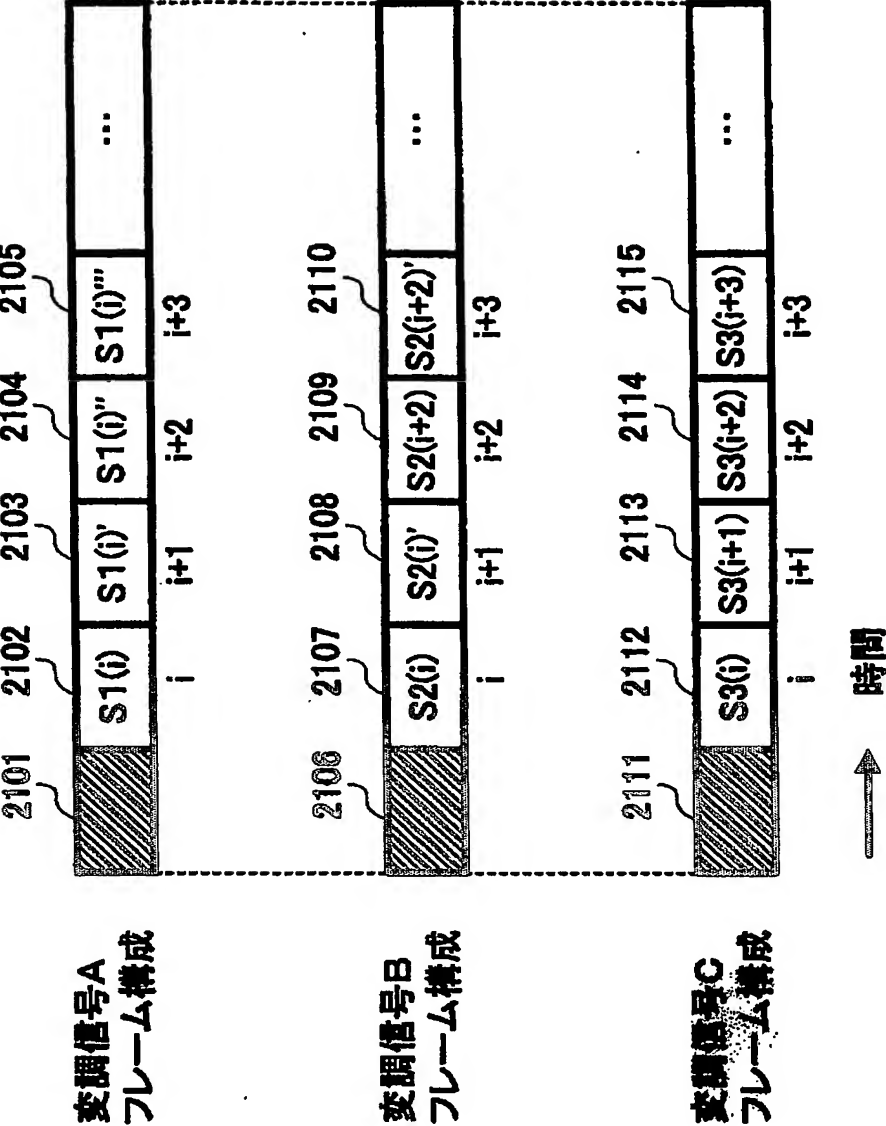
【図 19】



【図 20】

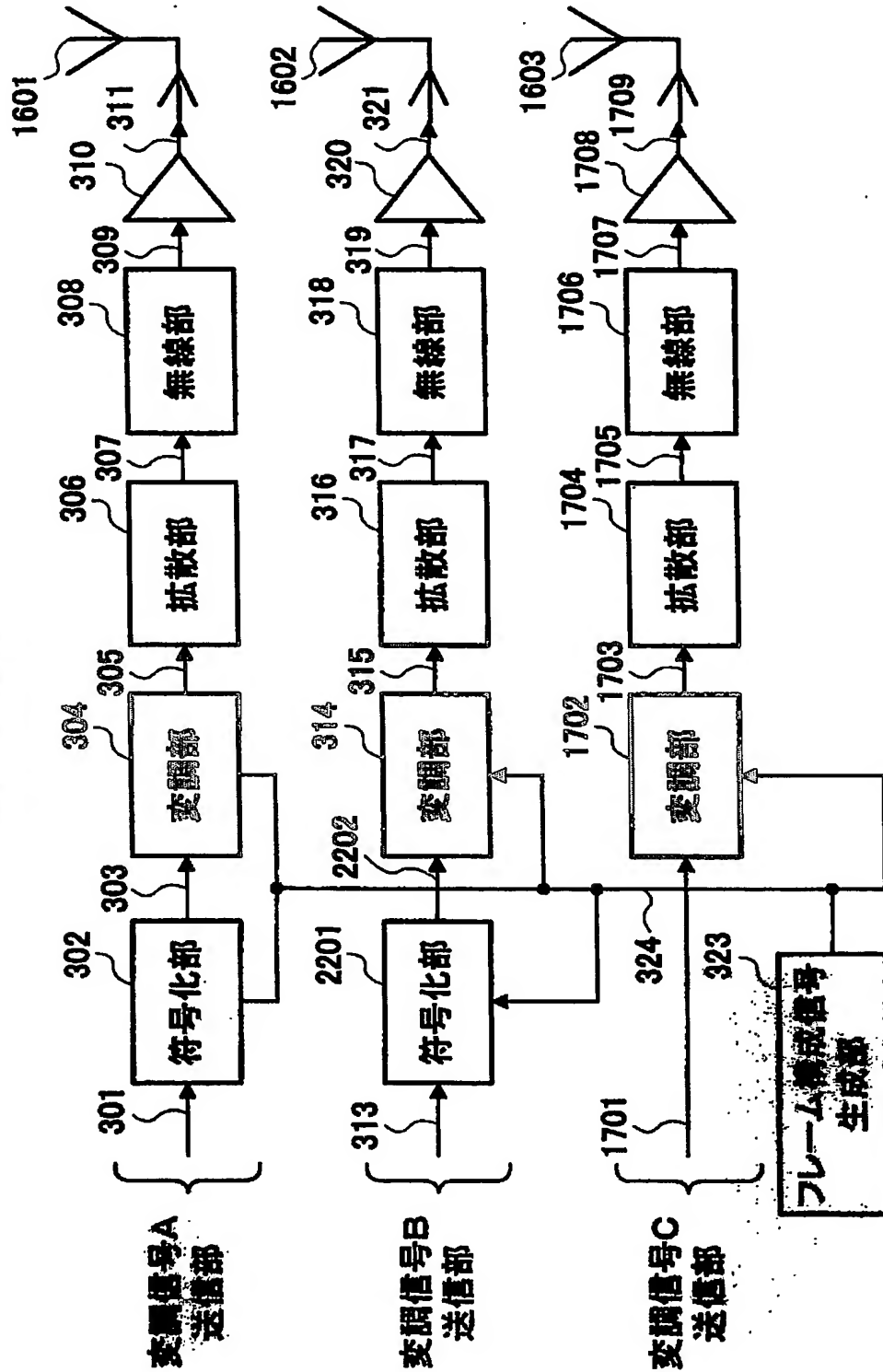


【図 21】

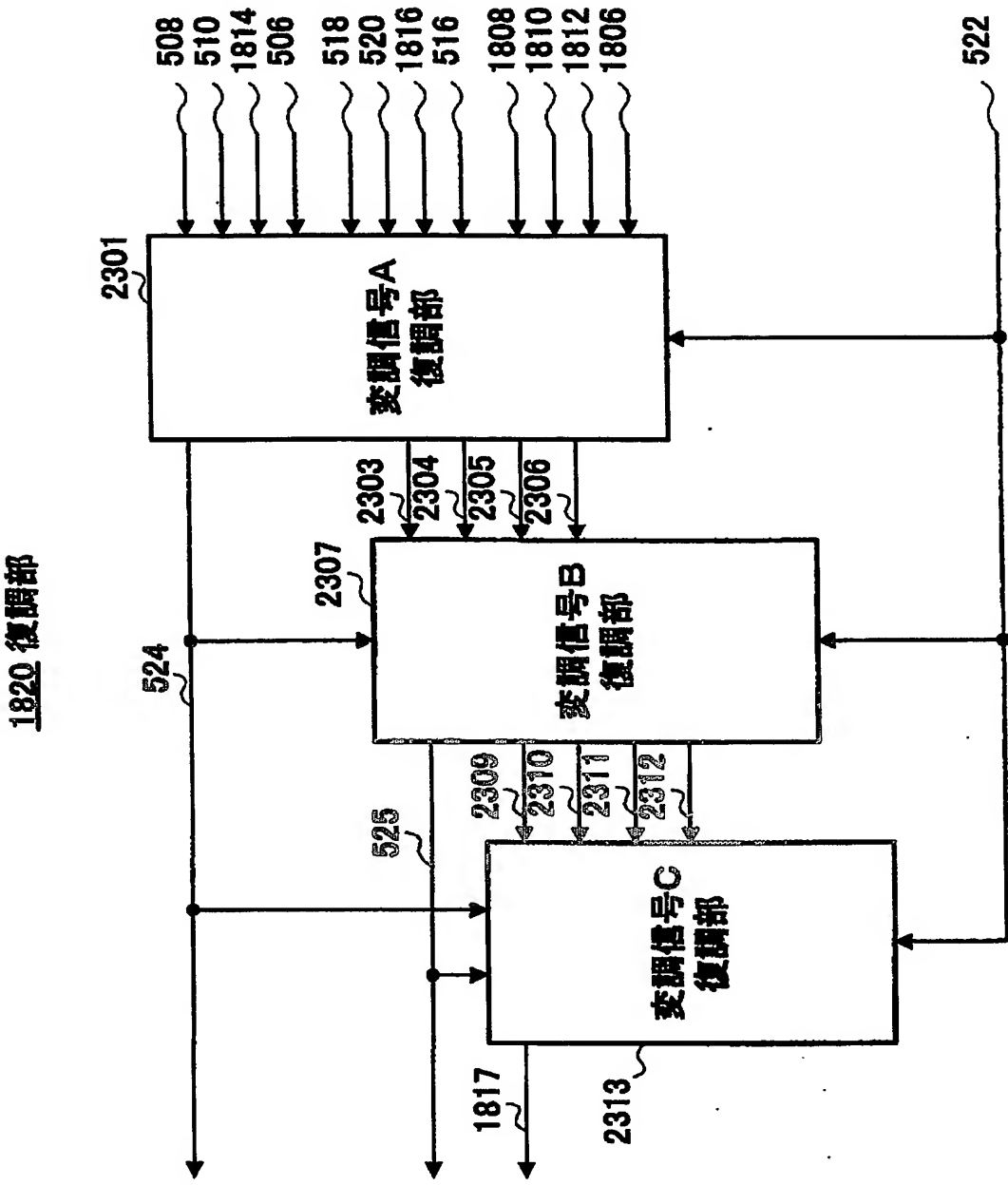


【図 22】

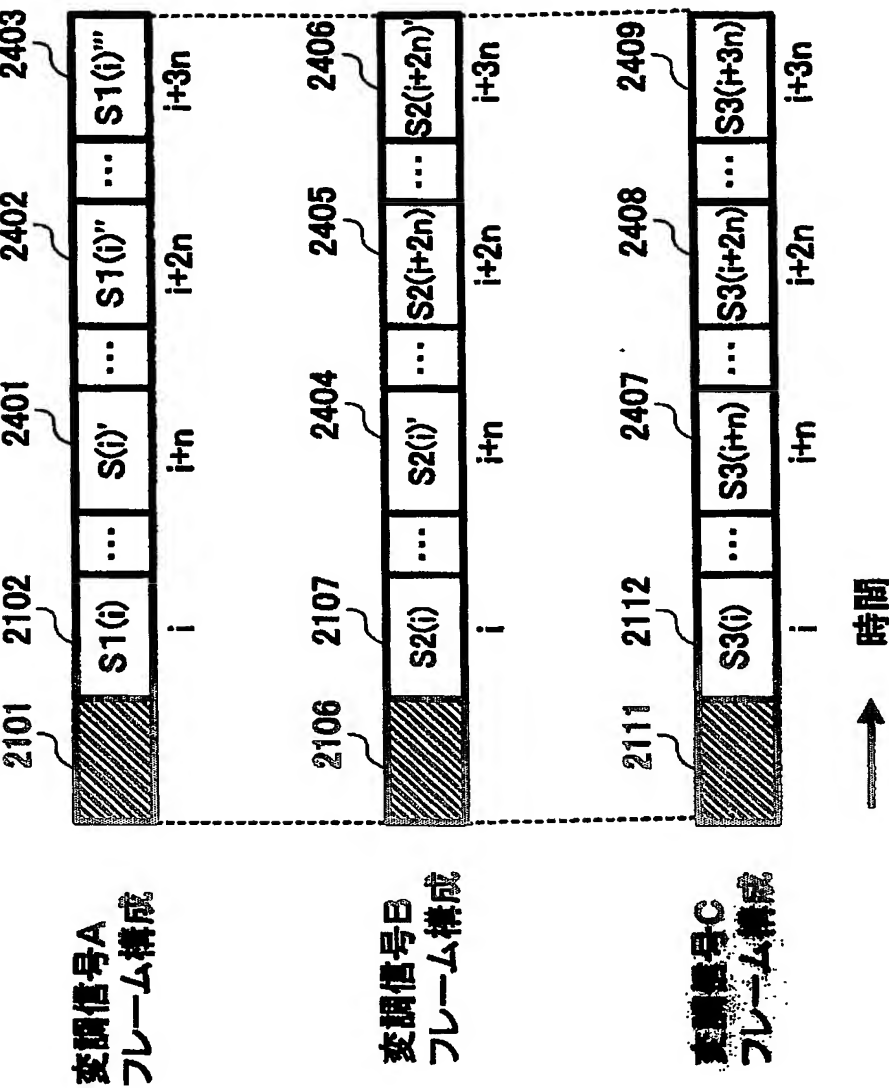
2200 送信装置



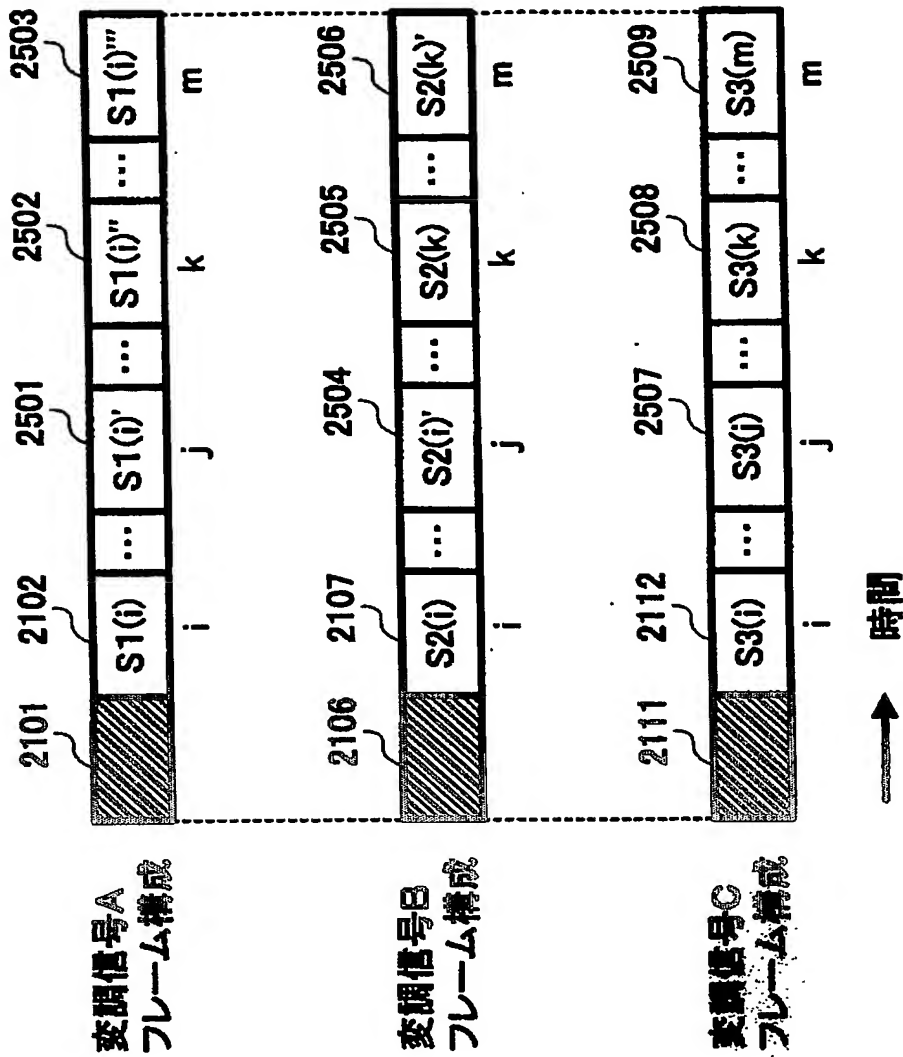
【図 23】



【図 2 4】

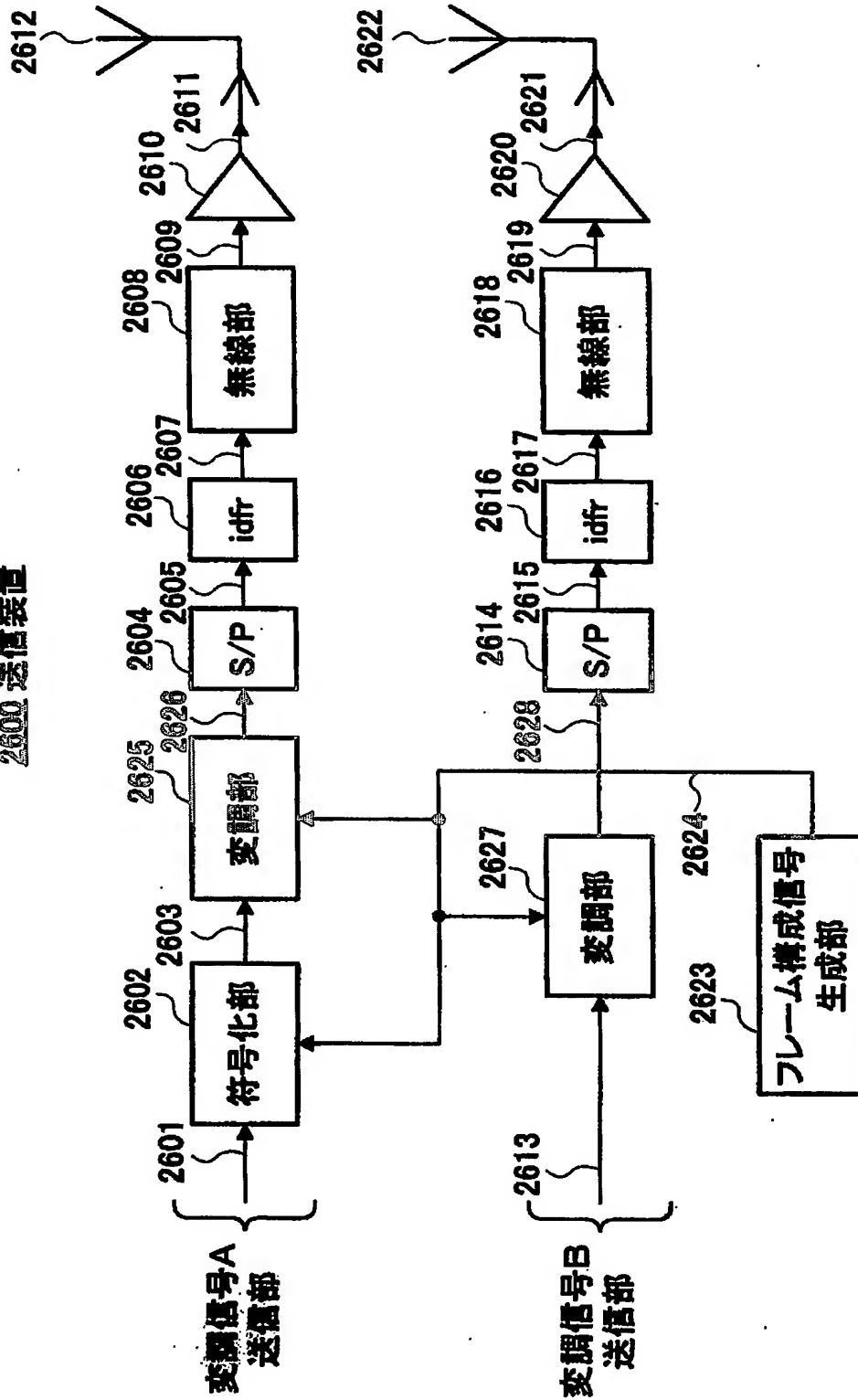


【図 25】



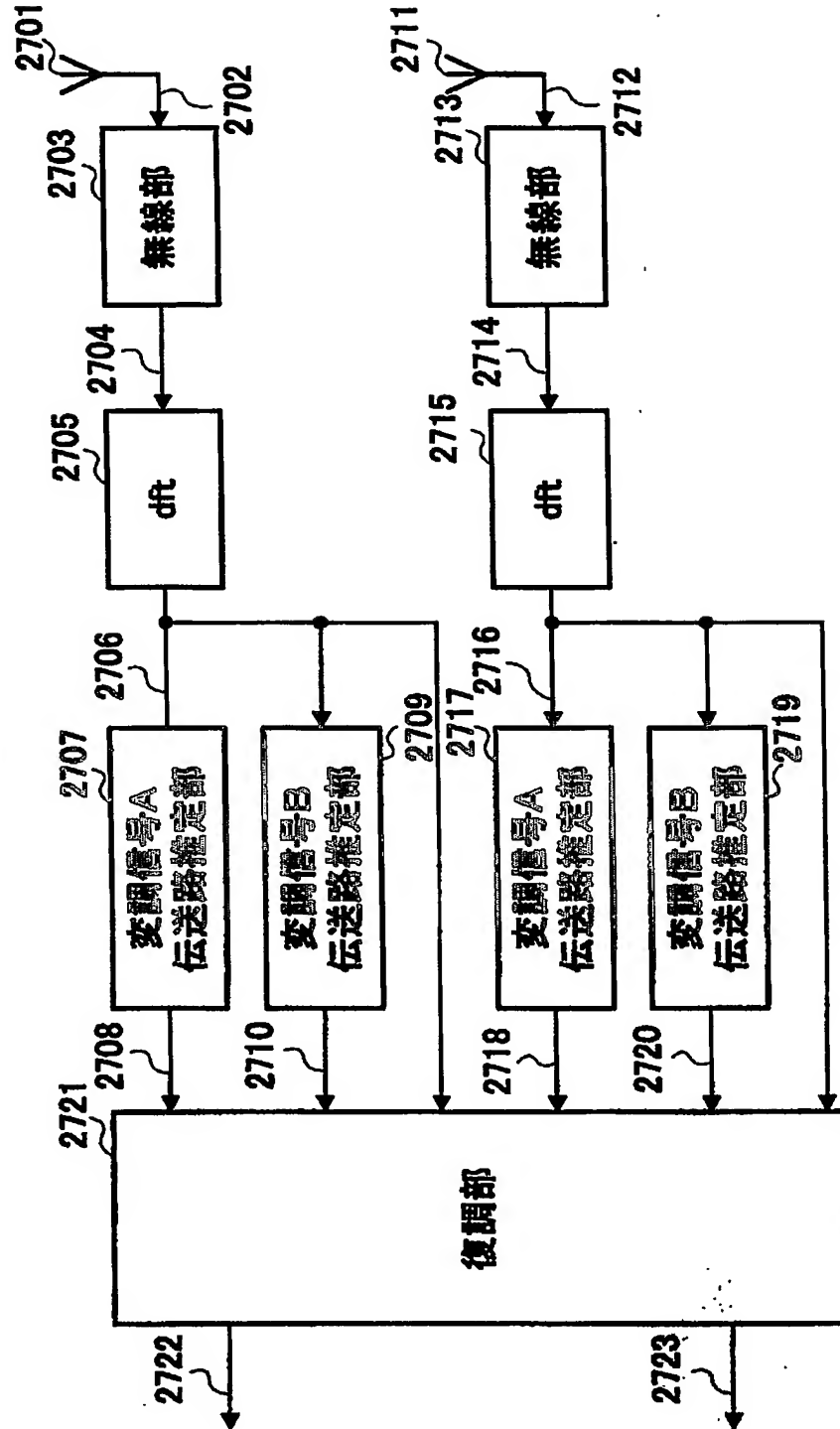
【図 26】

2600 送信装置

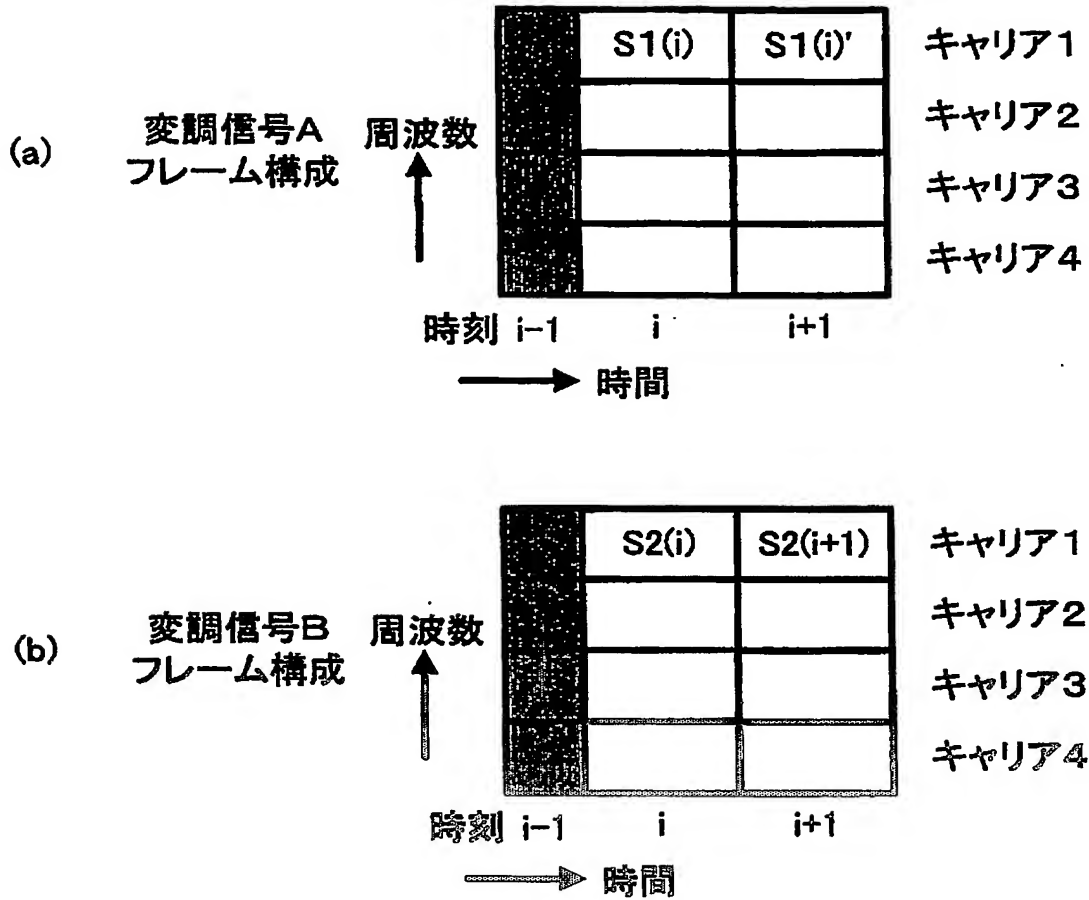


【図 27】

2700 受信装置



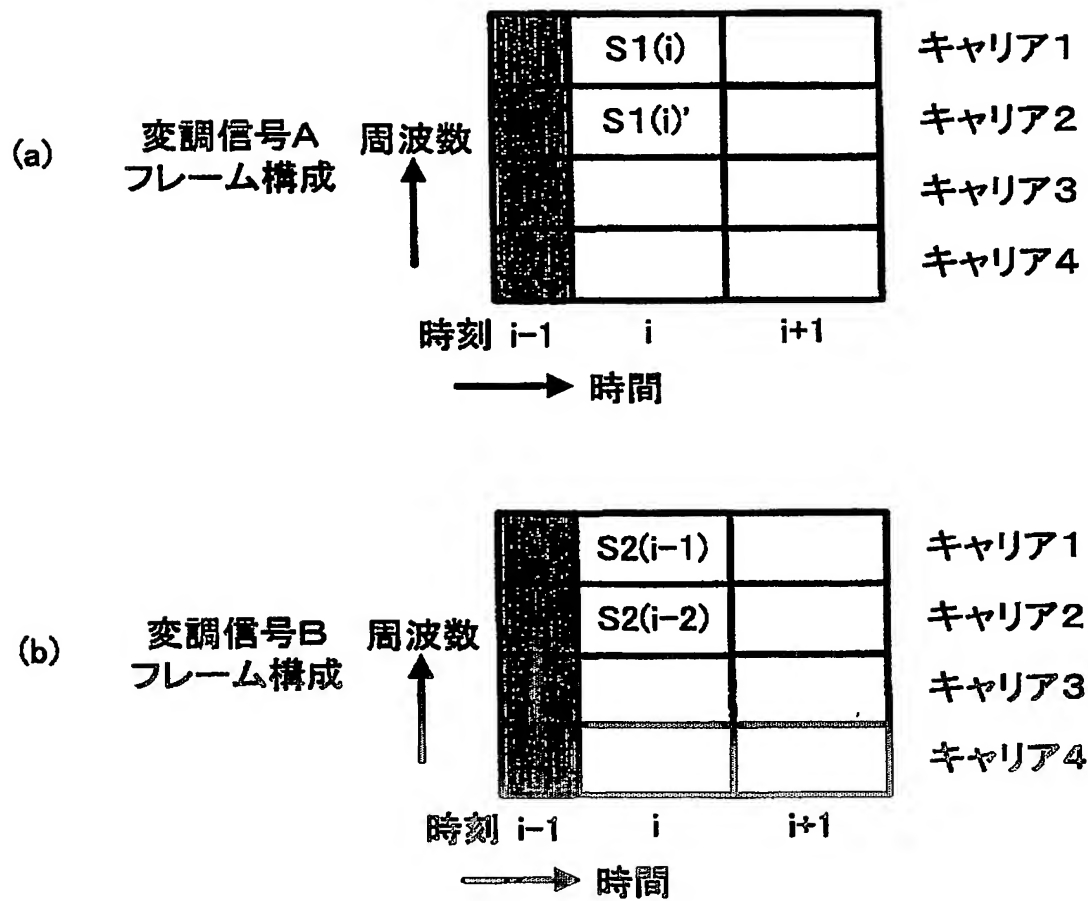
【図 28】



■ 2801 : 電波伝搬環境推定シンボル

□ 2802 : データシンボル

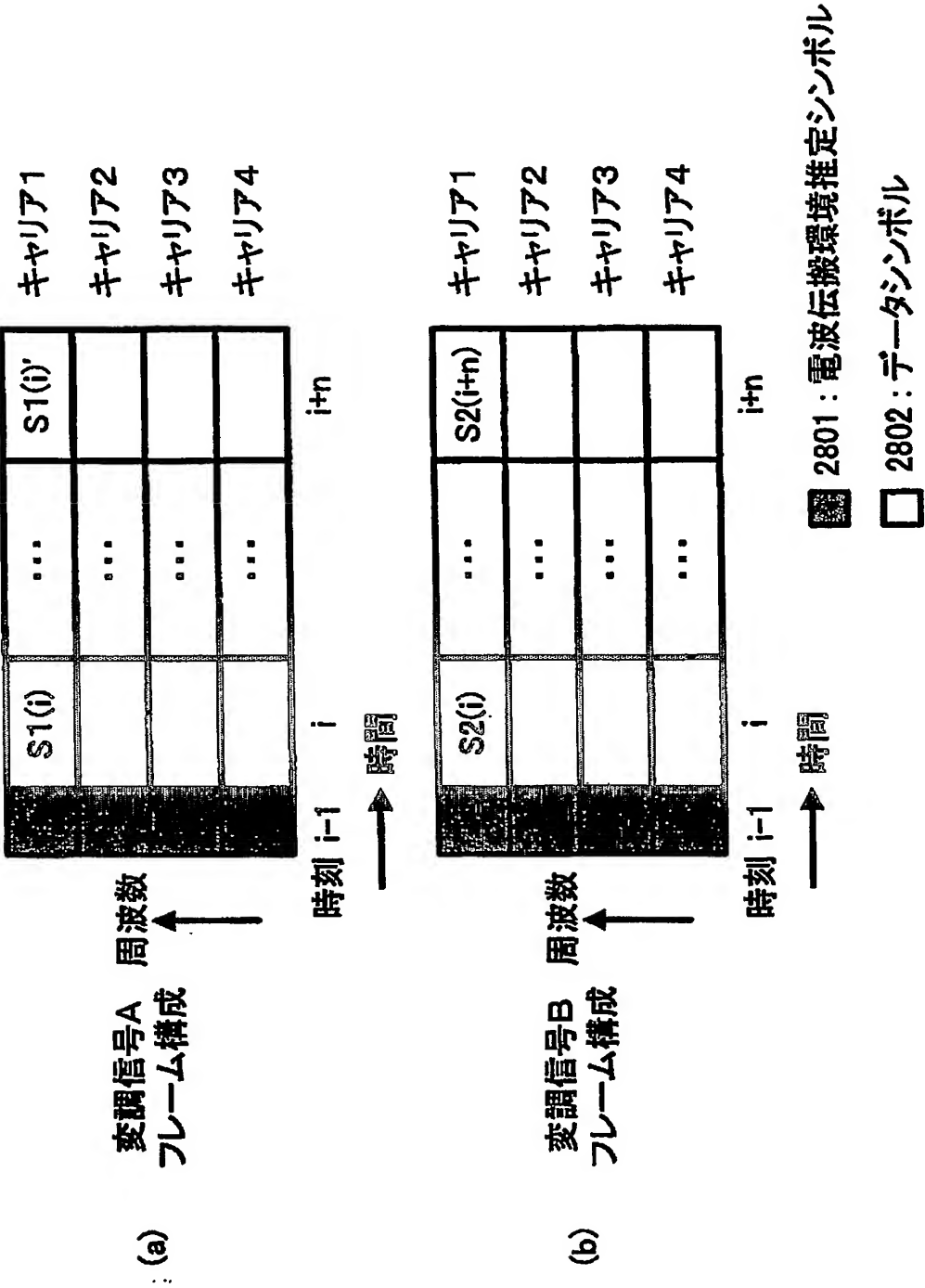
【図 29】



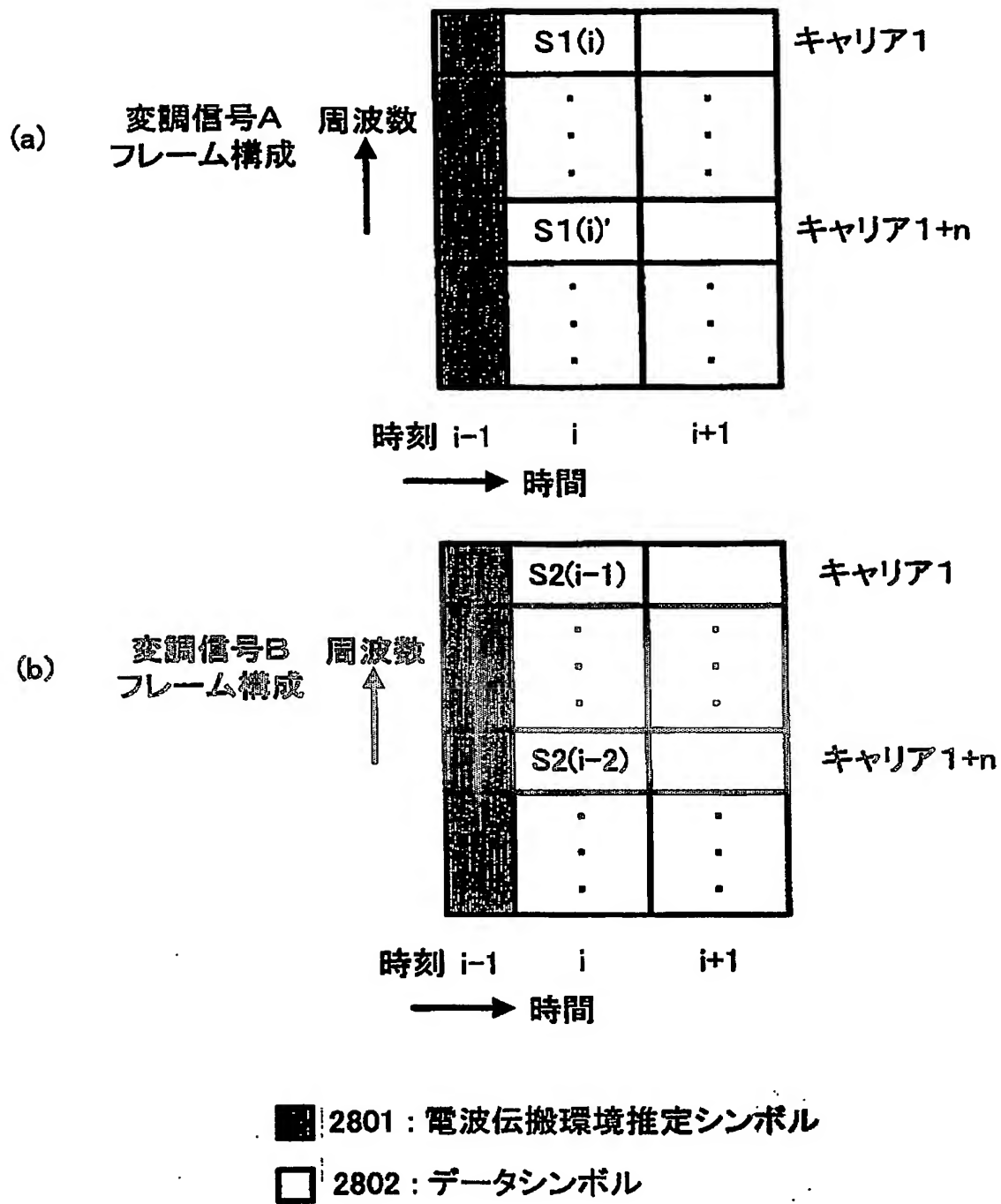
■ 2801: 電波伝搬環境推定シンボル

□ 2802: データシンボル

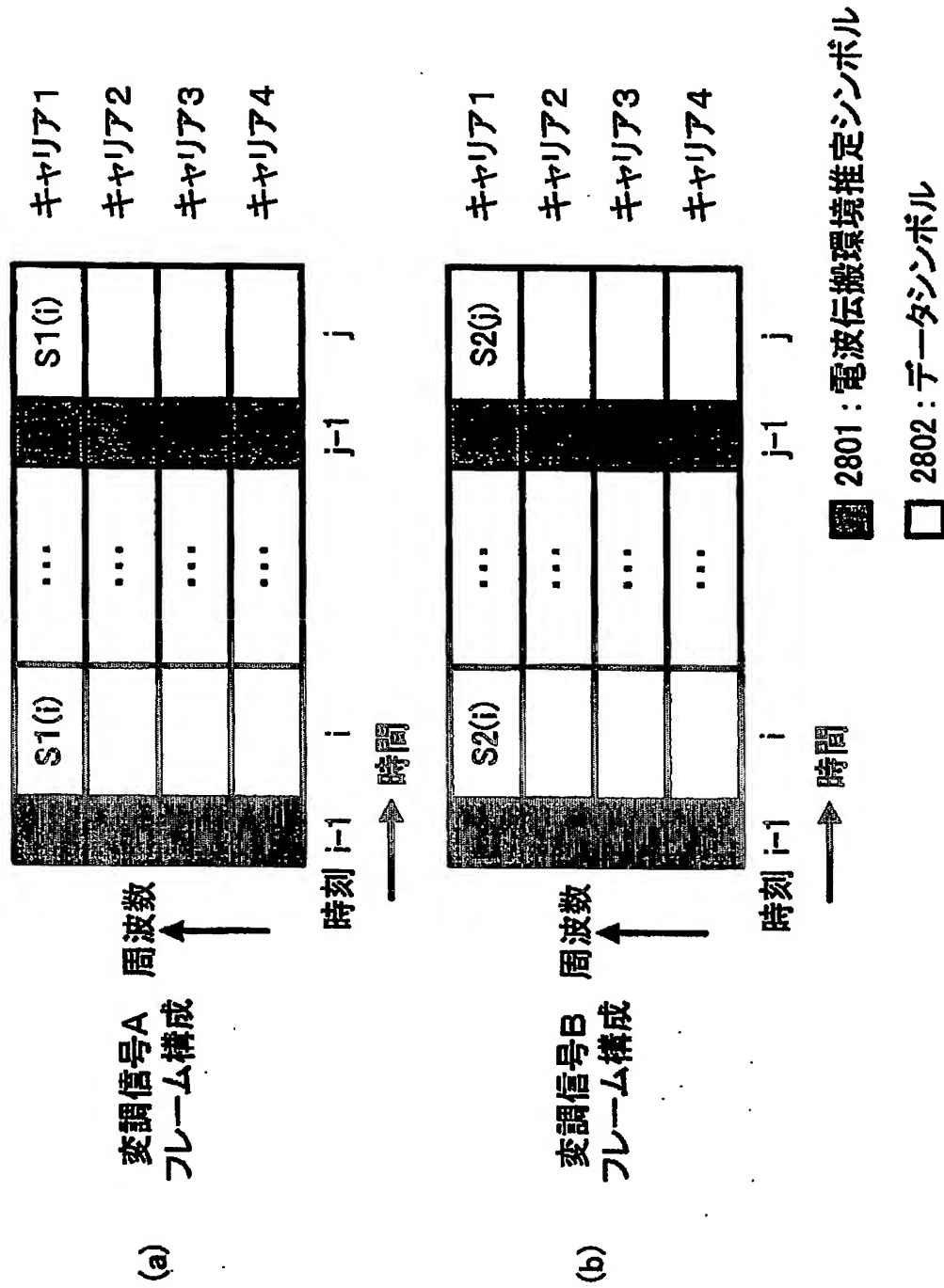
【図 30】



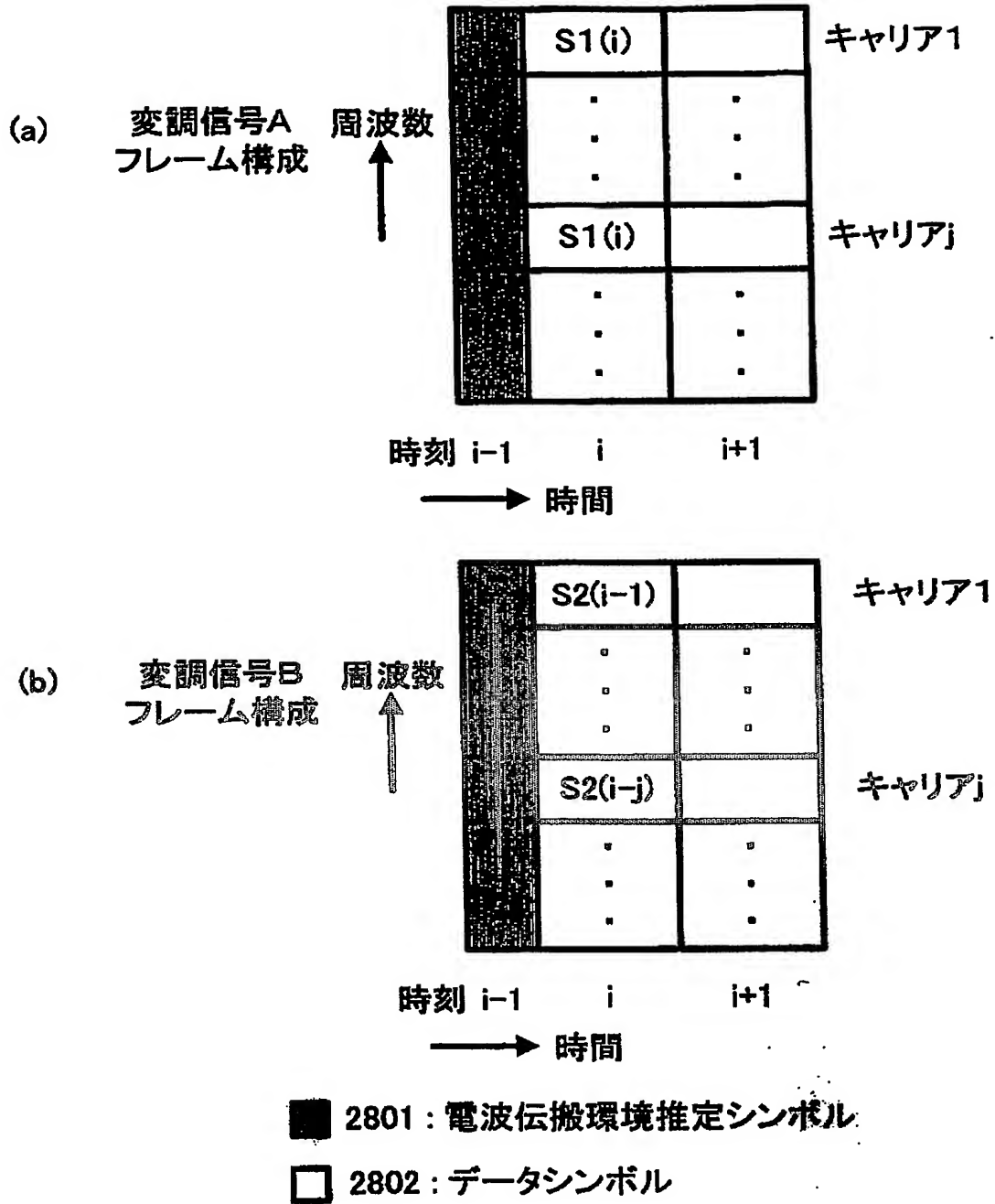
【図 31】



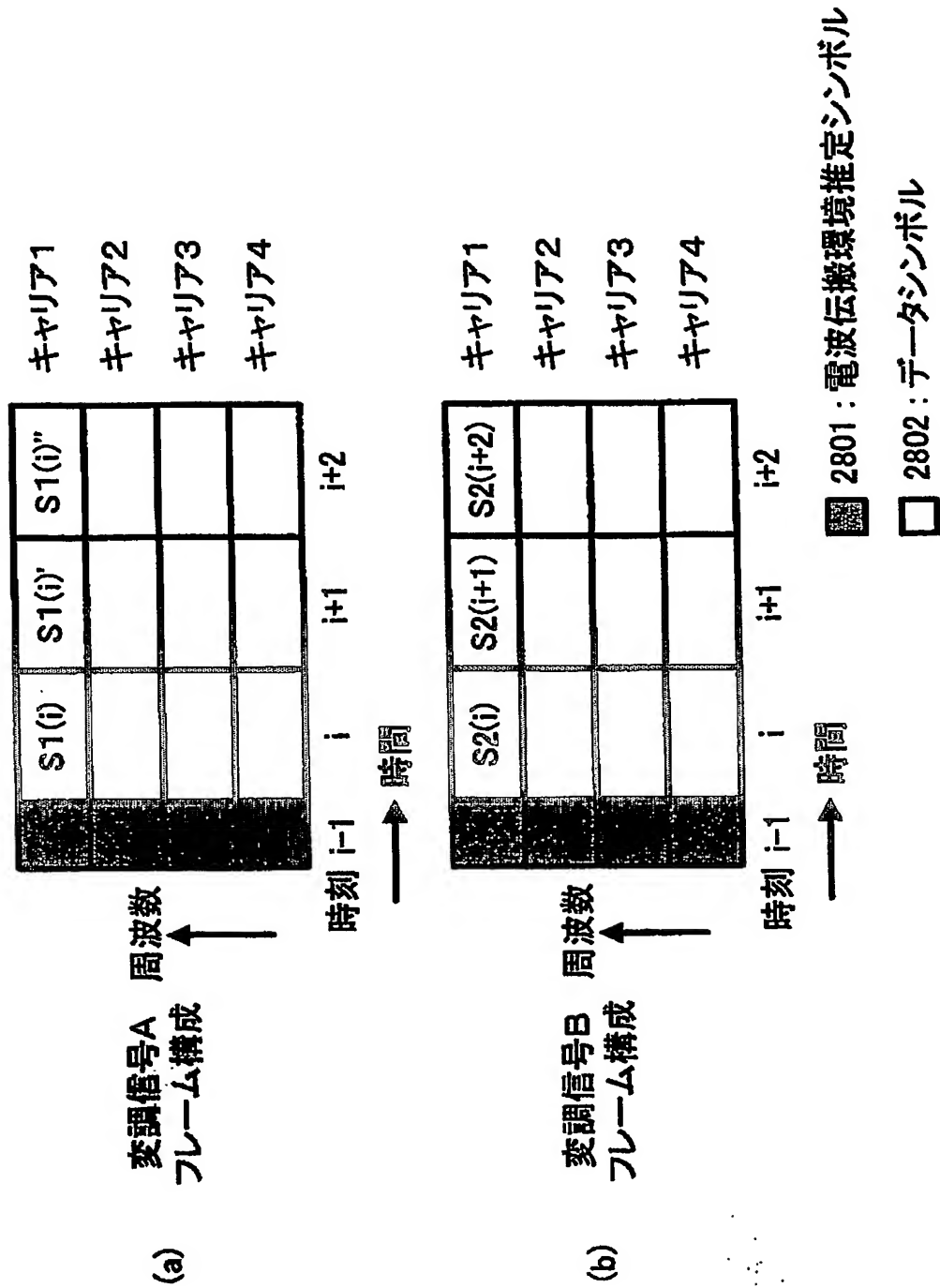
【図 32】



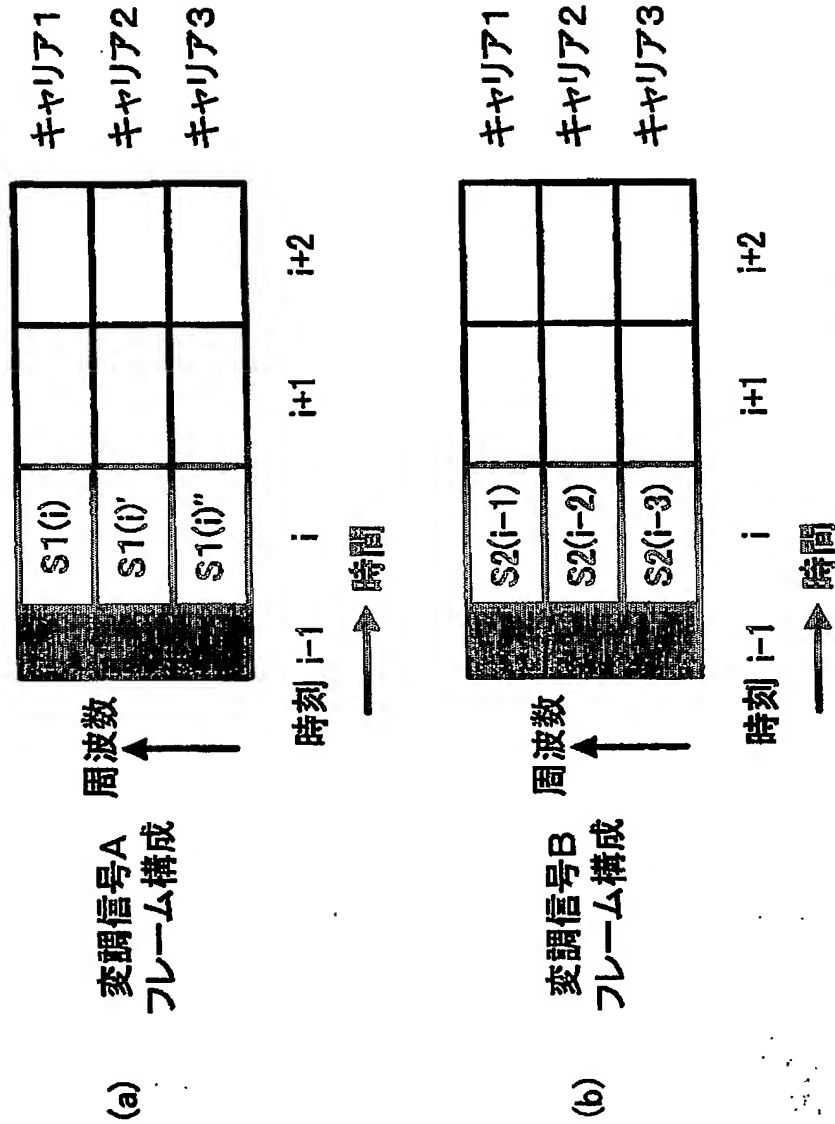
【図 33】



【図 34】



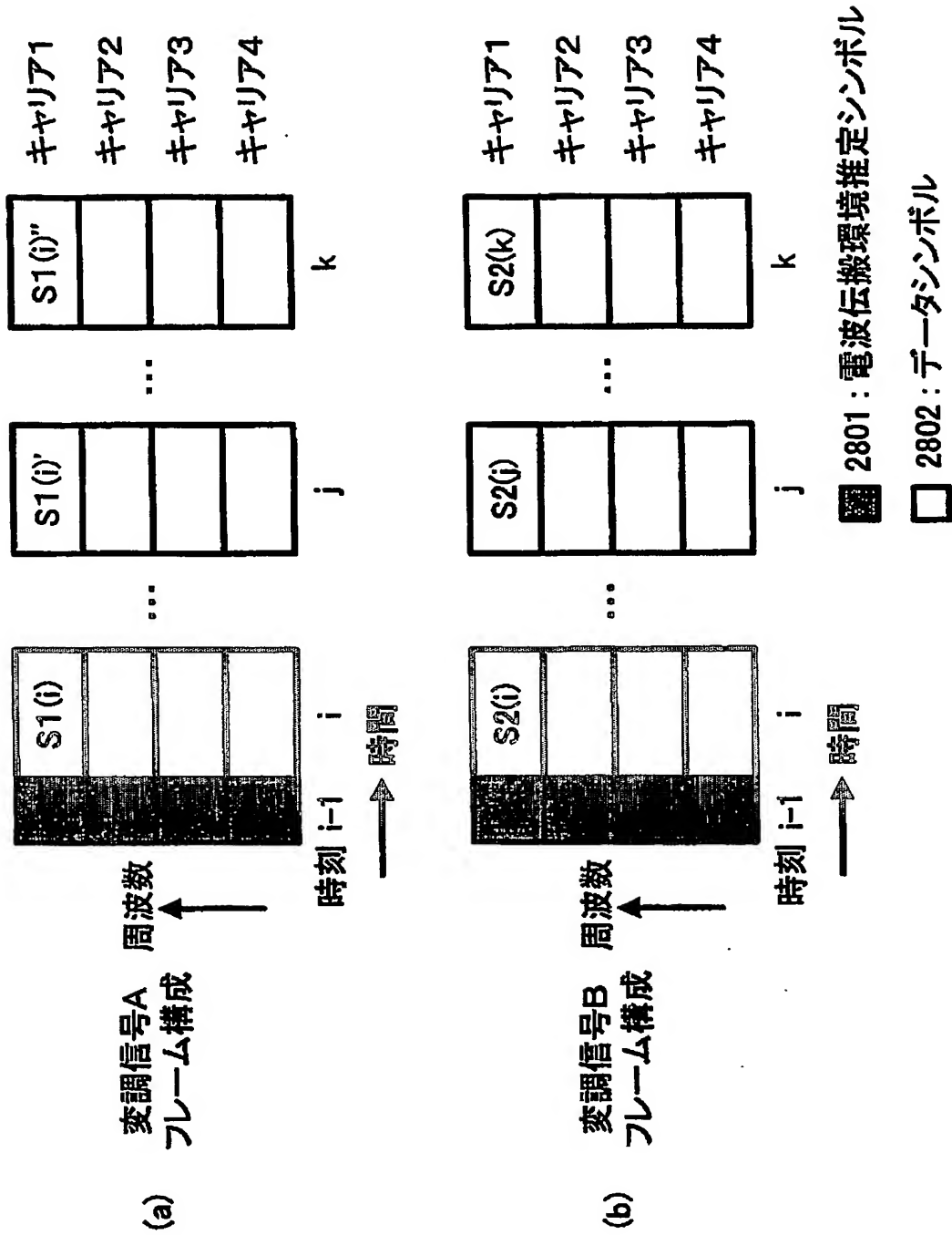
【図 35】



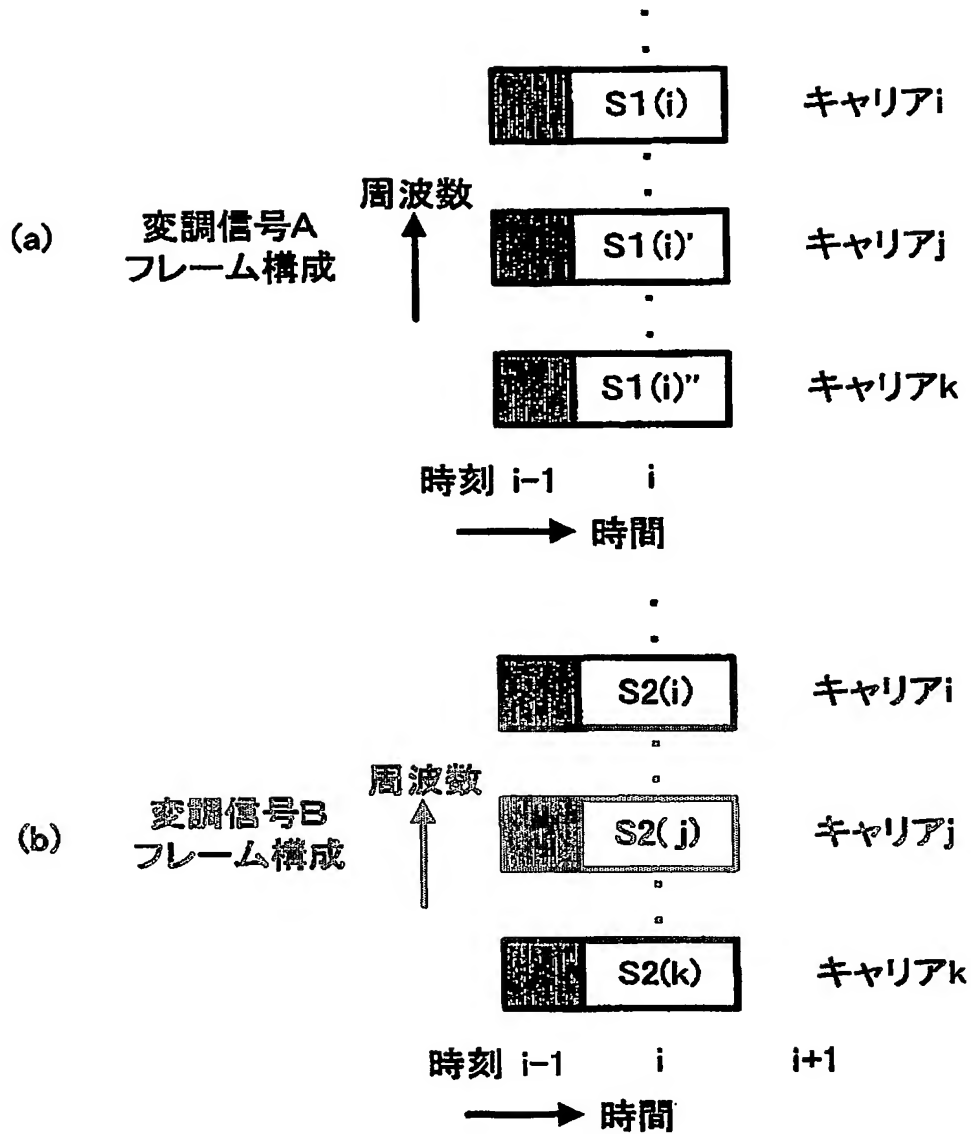
■ 2801: 電波伝搬環境推定シンボル

□ 2802: データシンボル

【図 36】



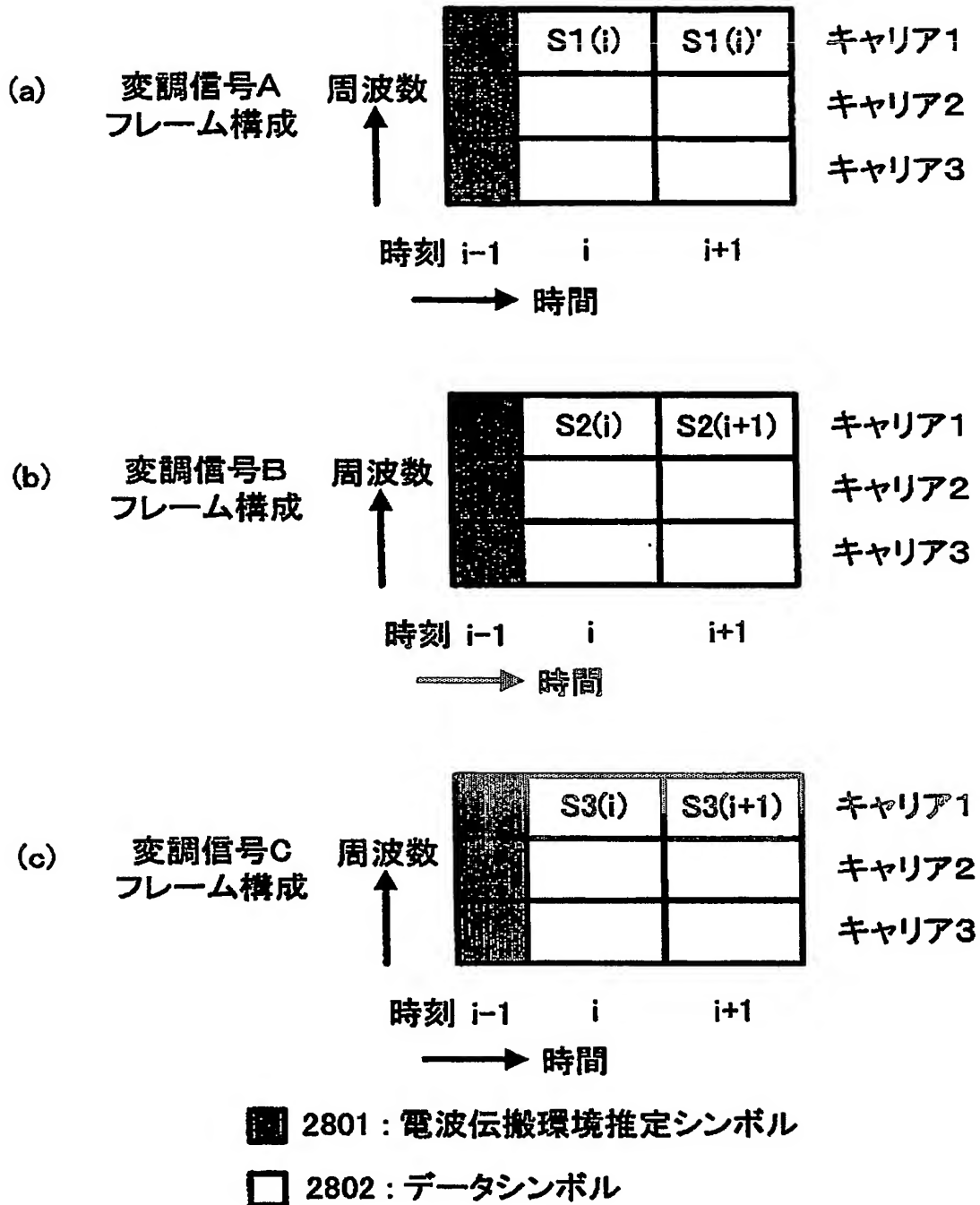
【図 37】



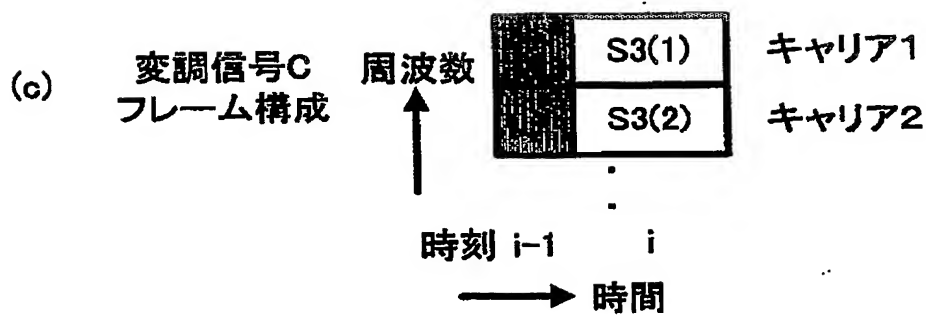
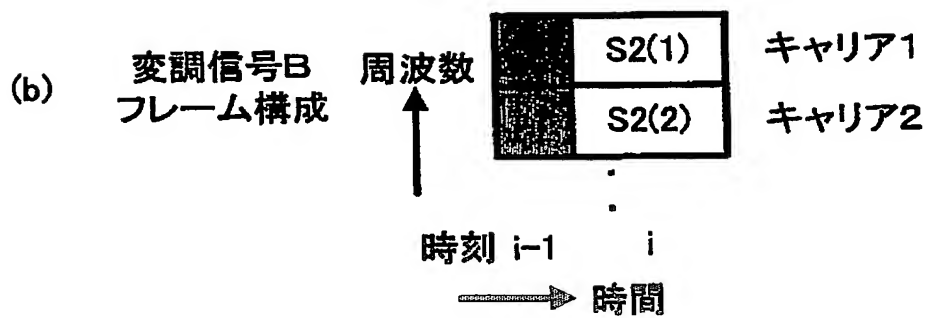
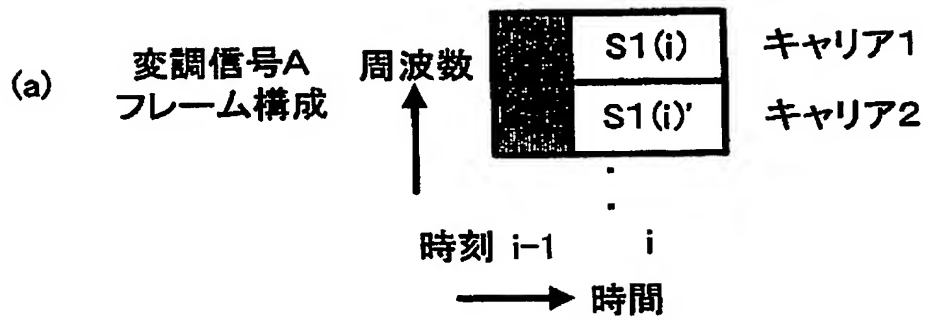
■ 2801 : 電波伝搬環境推定シンボル

□ 2802 : データシンボル

【図 38】



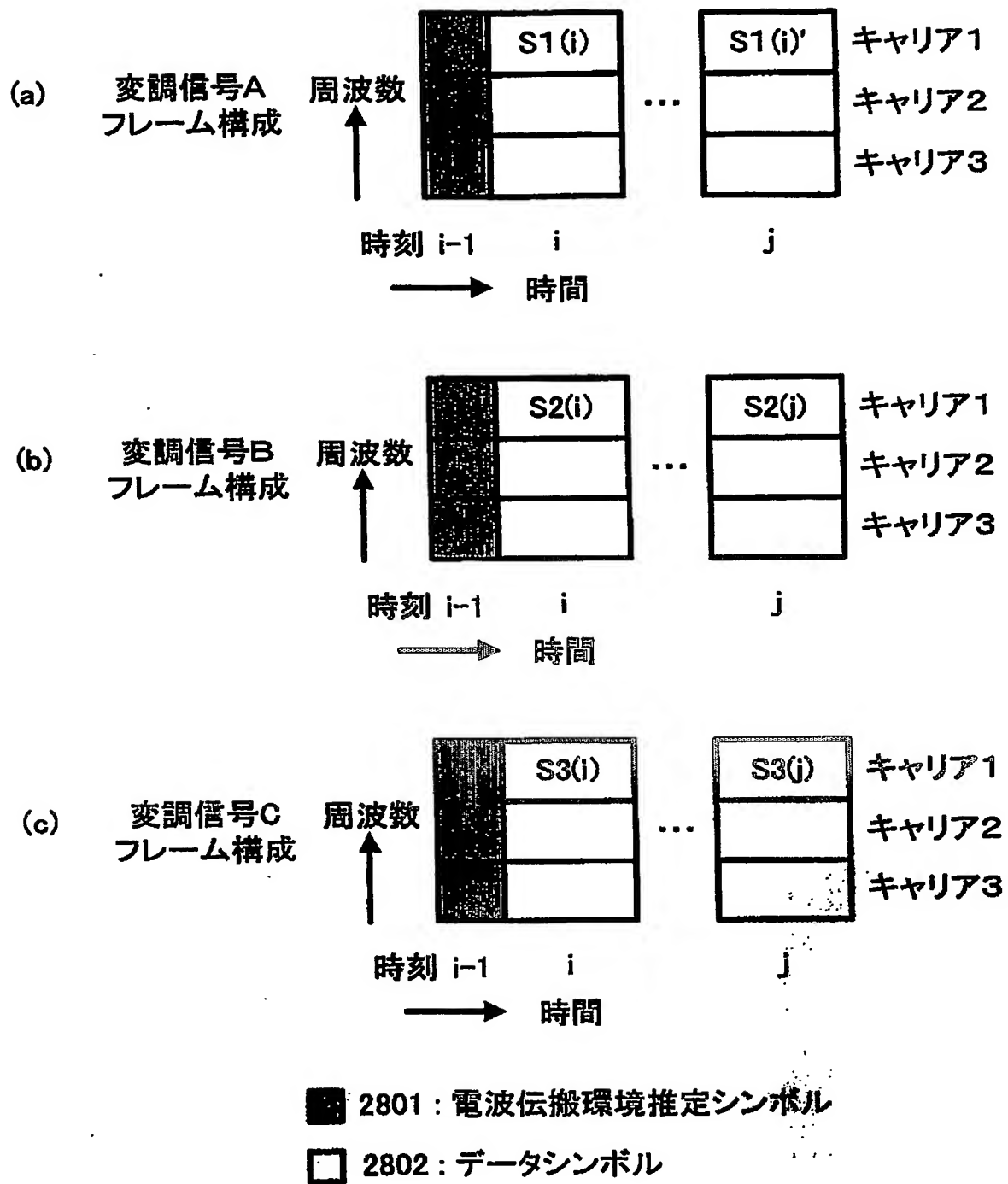
【図 39】



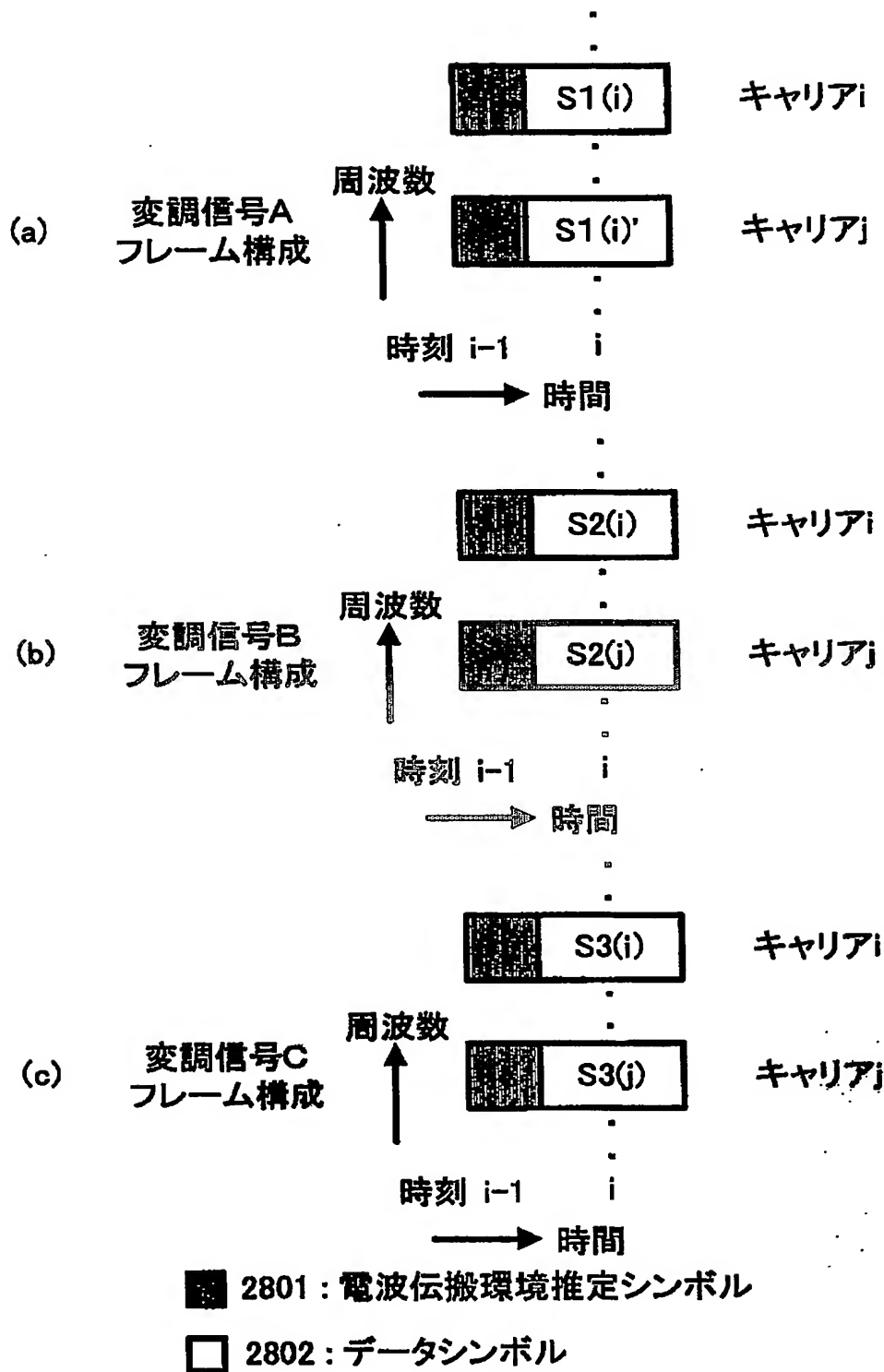
■ 2801 : 電波伝搬環境推定シンボル

□ 2802 : データシンボル

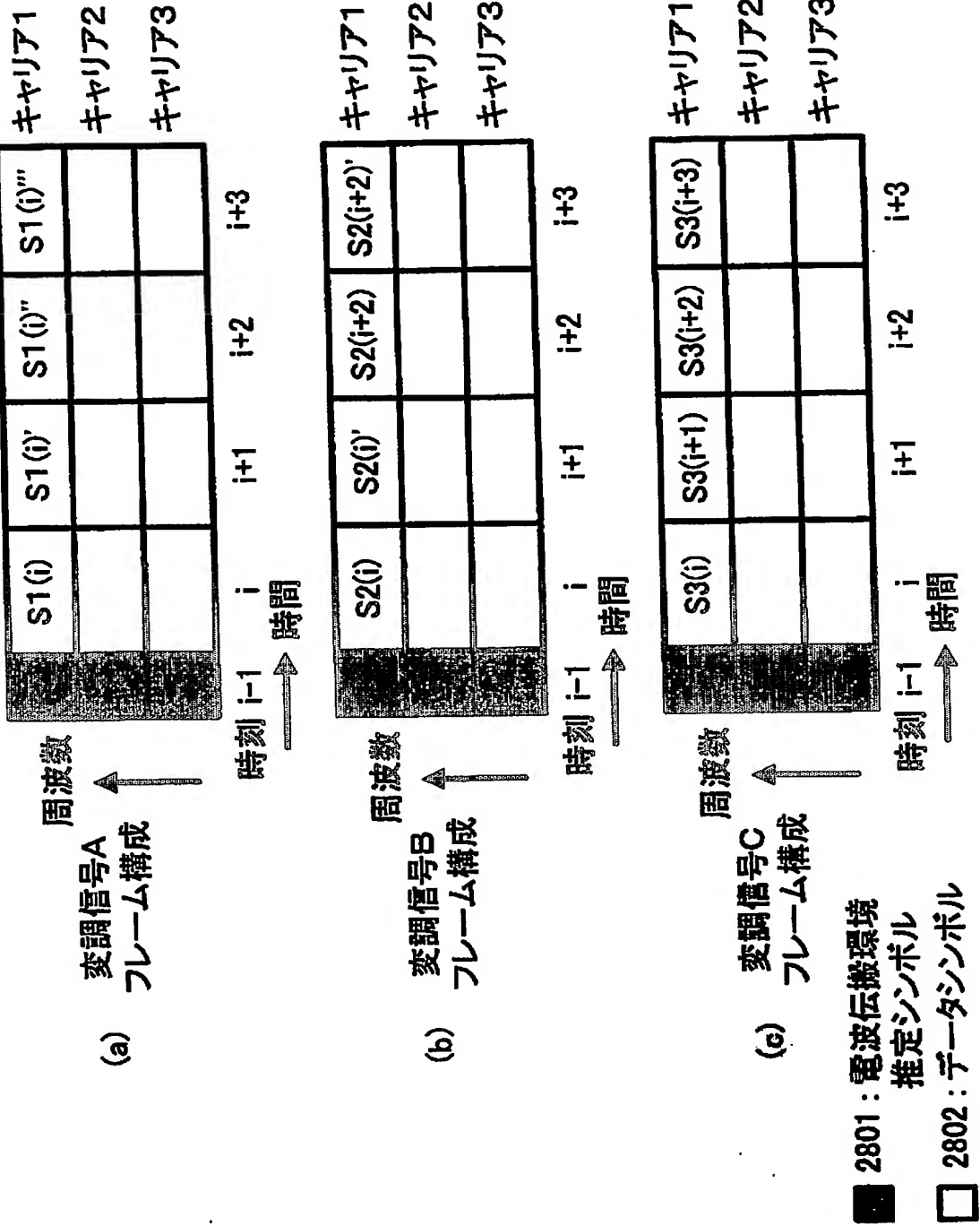
【図 40】



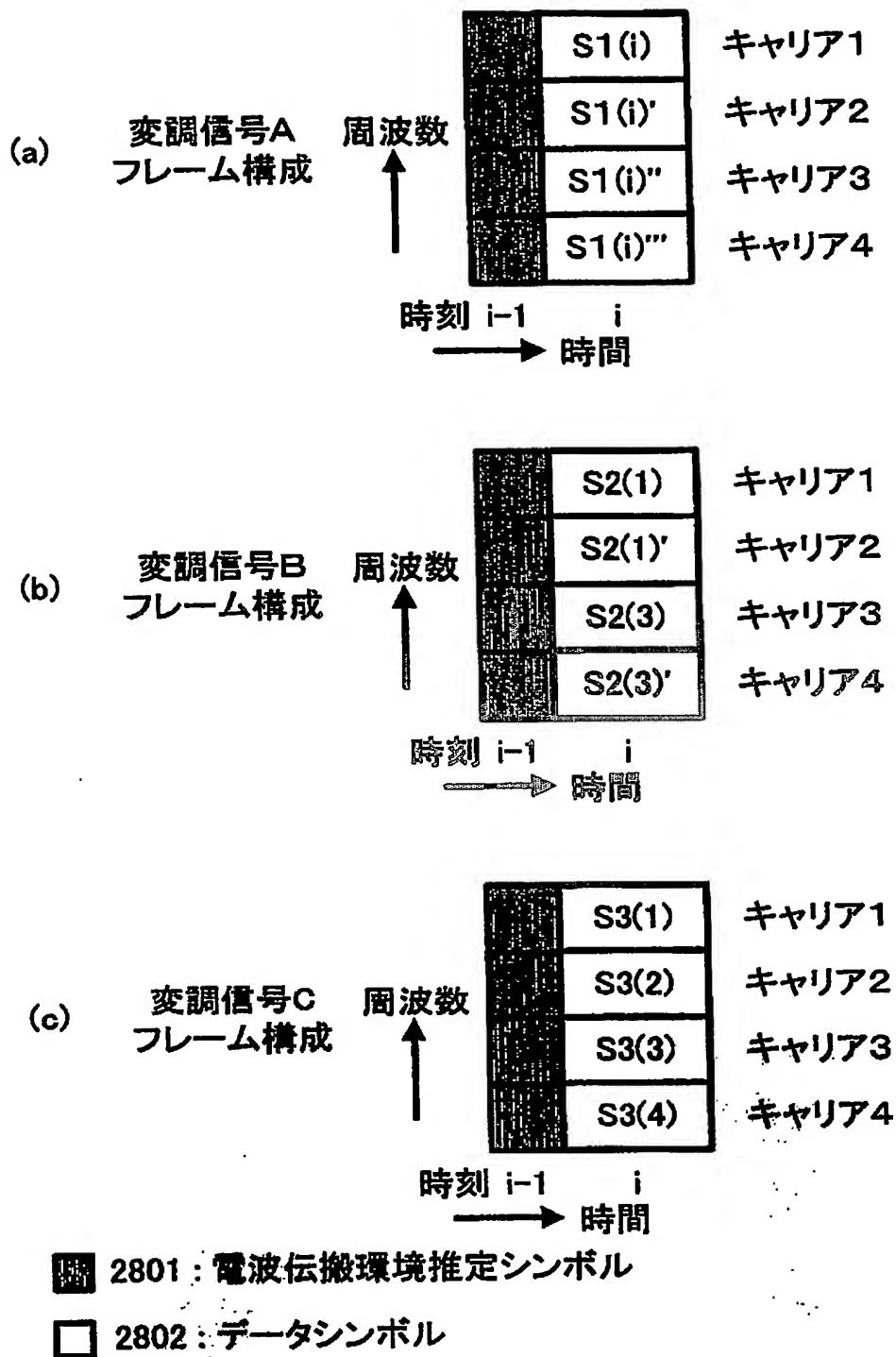
【図 4 1】



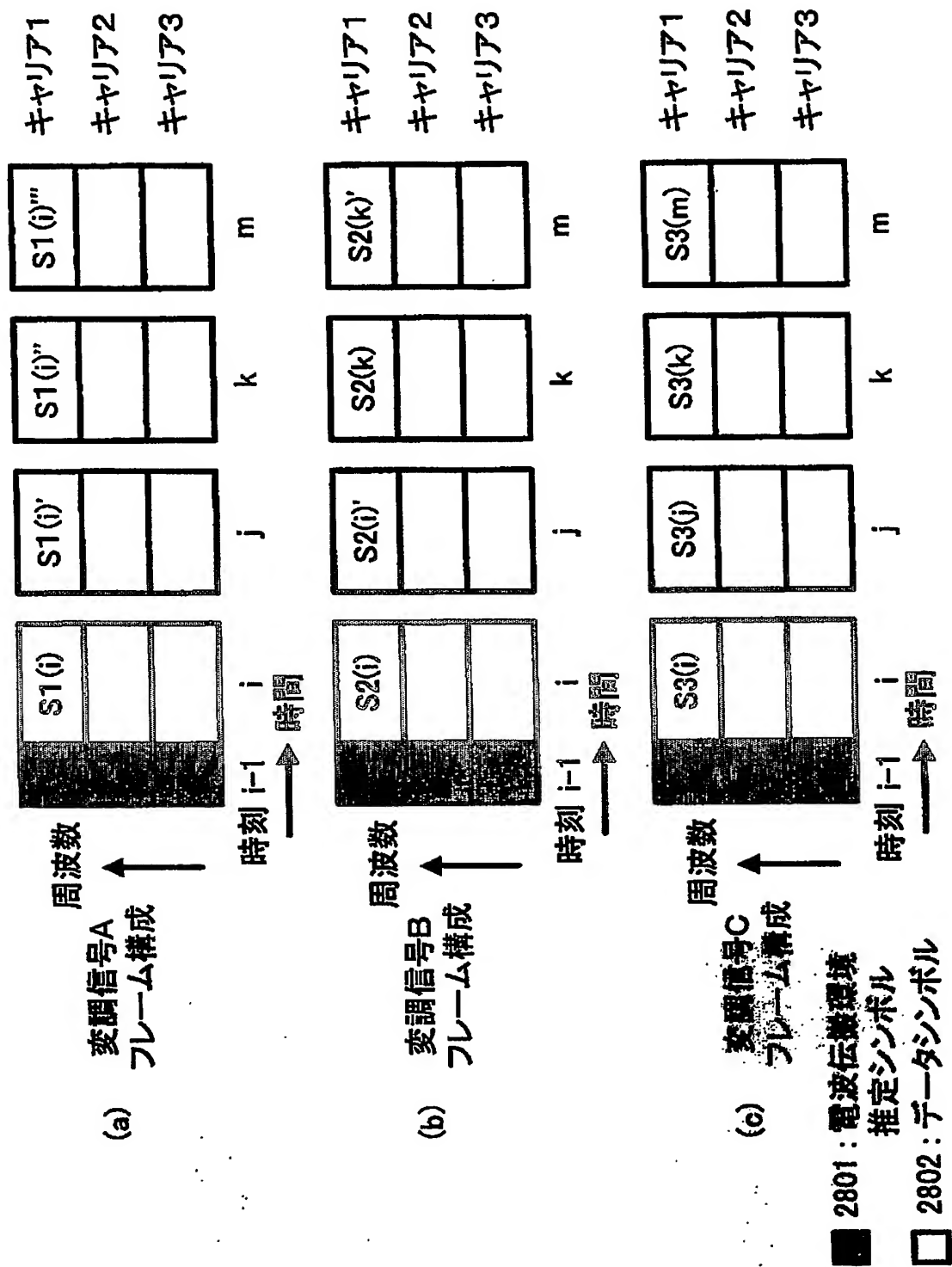
【図42】



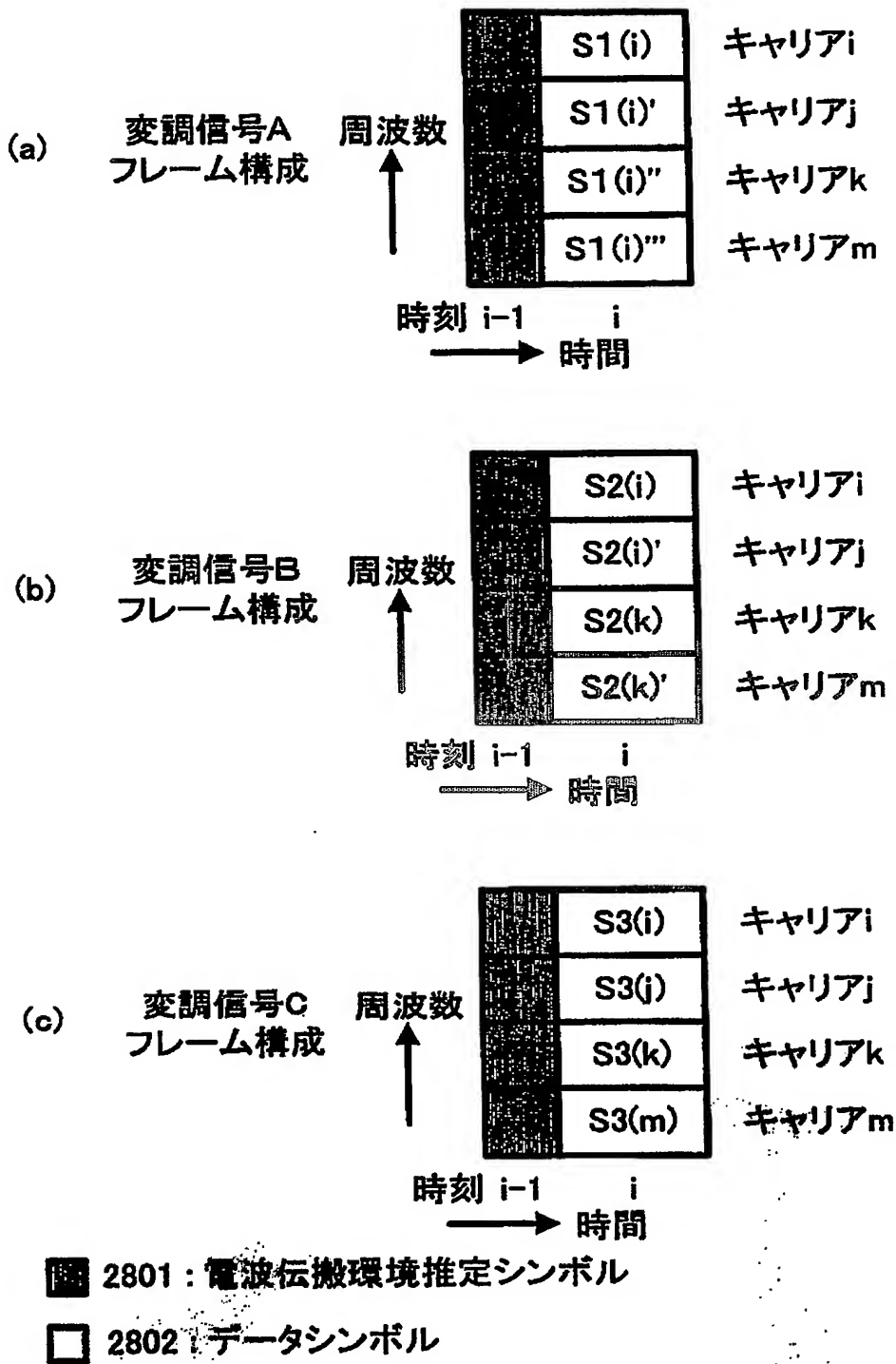
【図 4 3】



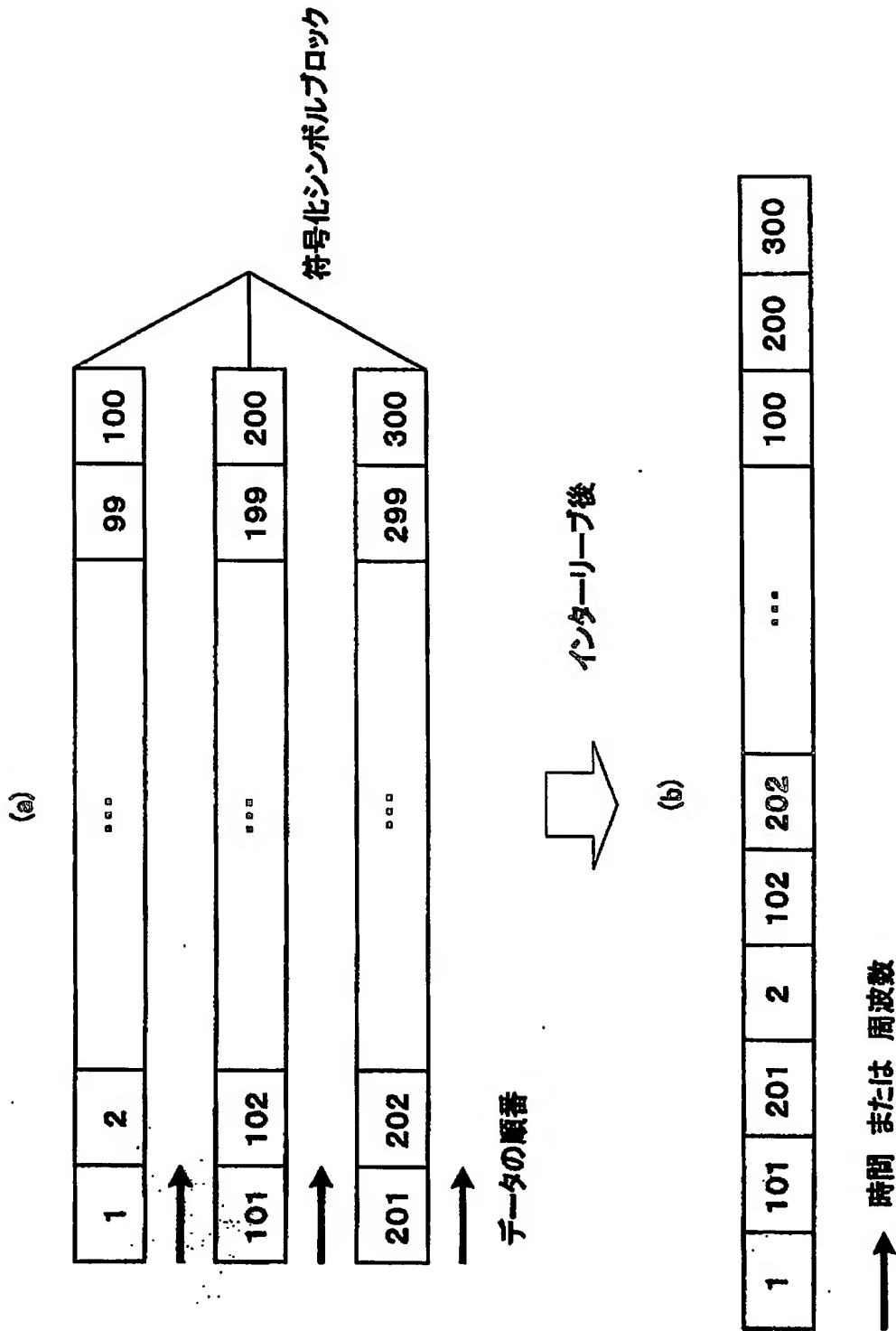
【図44】



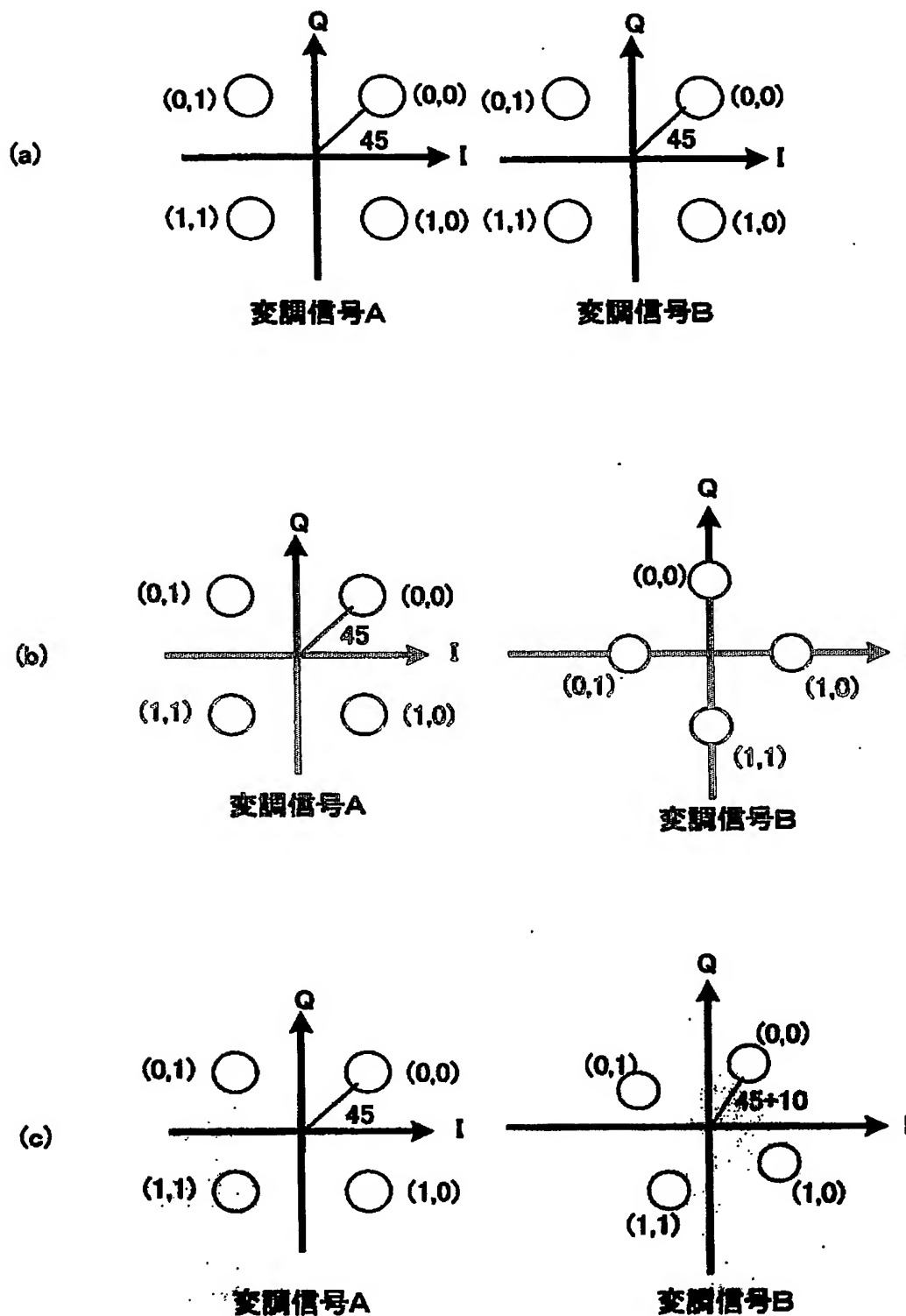
【図 4 5】



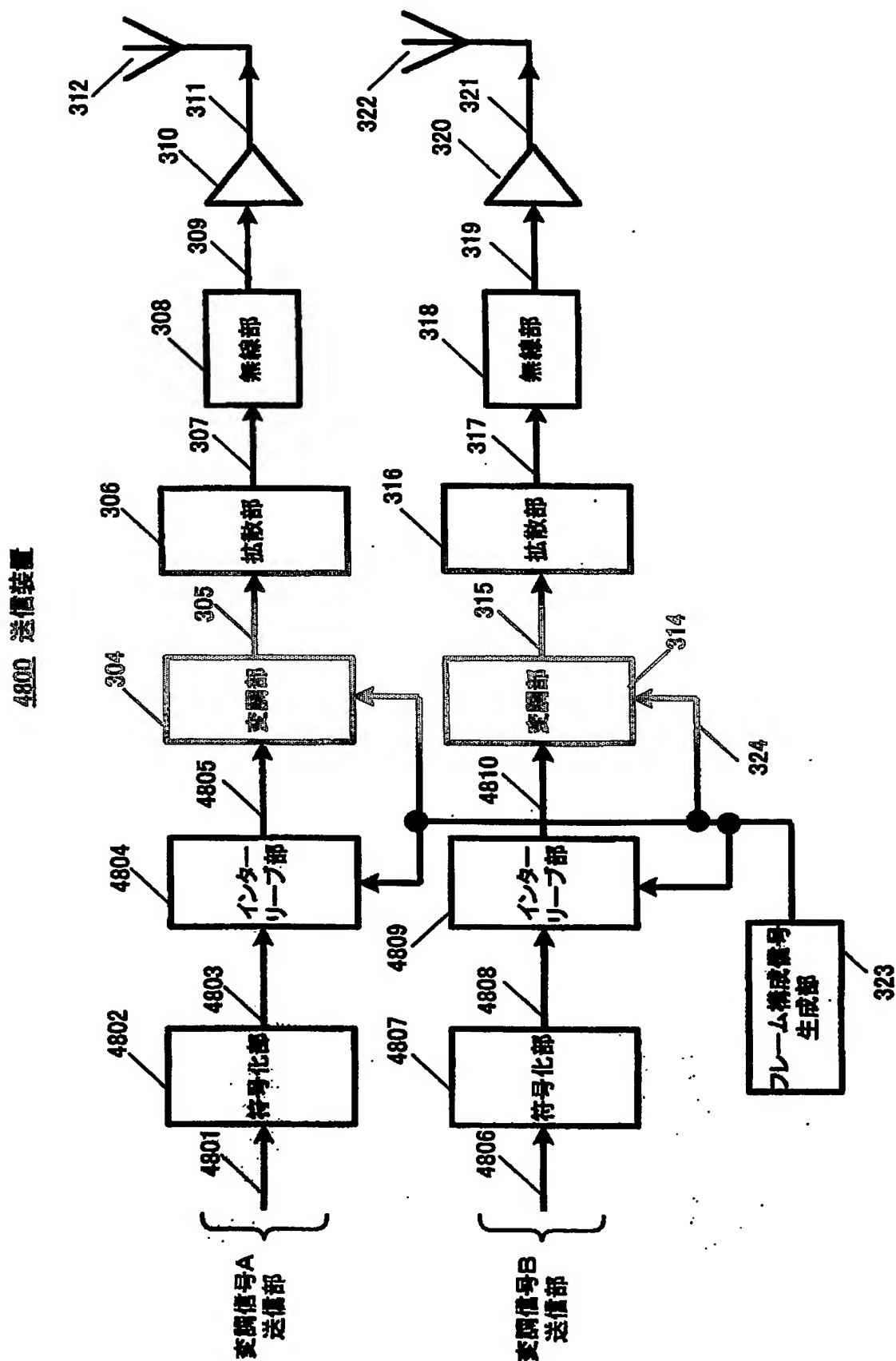
【図 46】



【図 47】

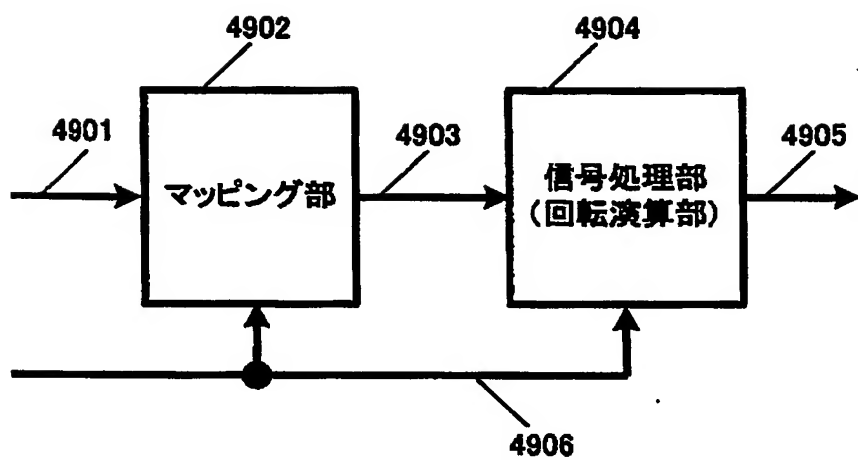


【図 48】



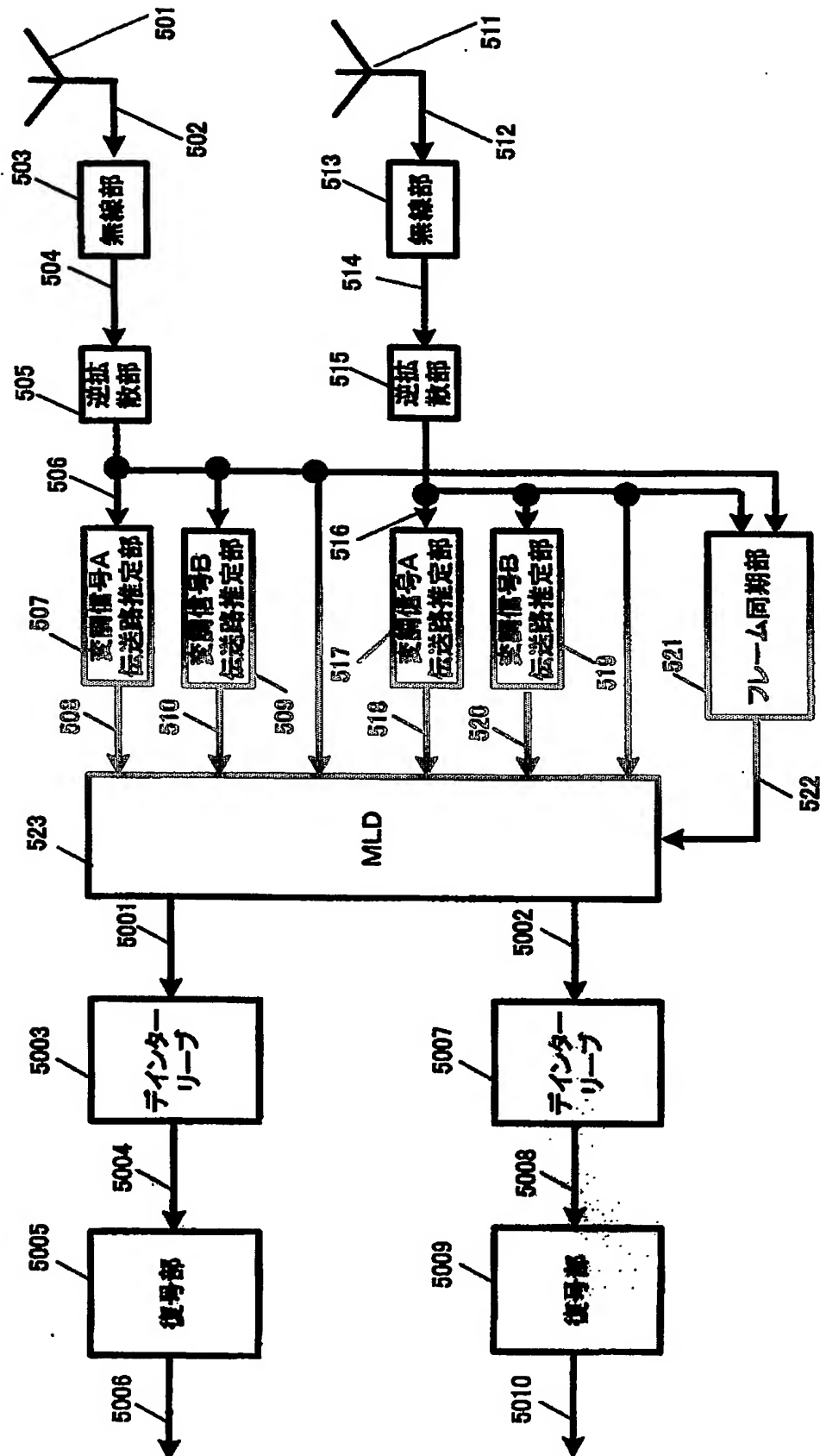
【図 49】

304 変調部



【図 50】

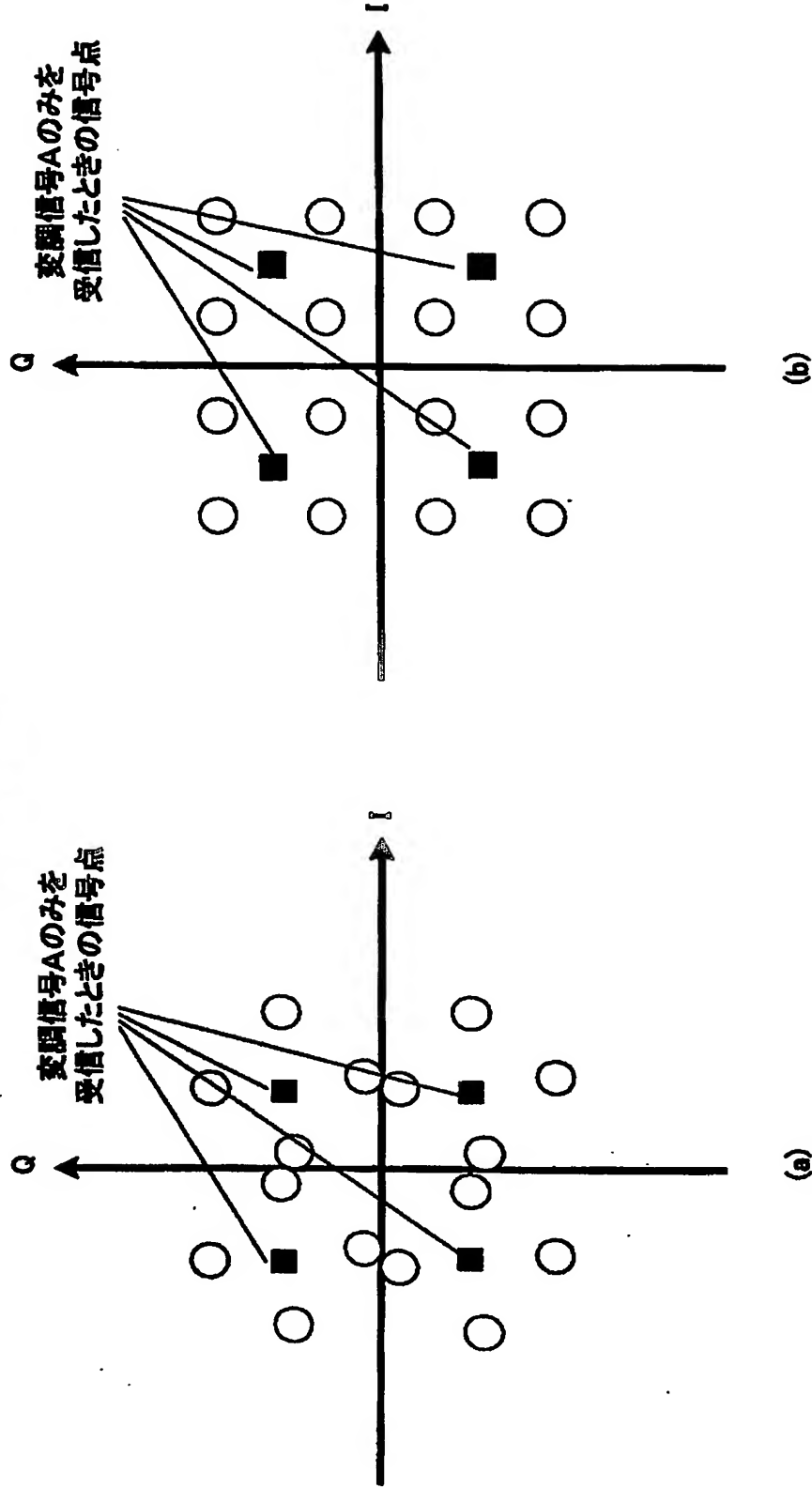
5000 受信装置



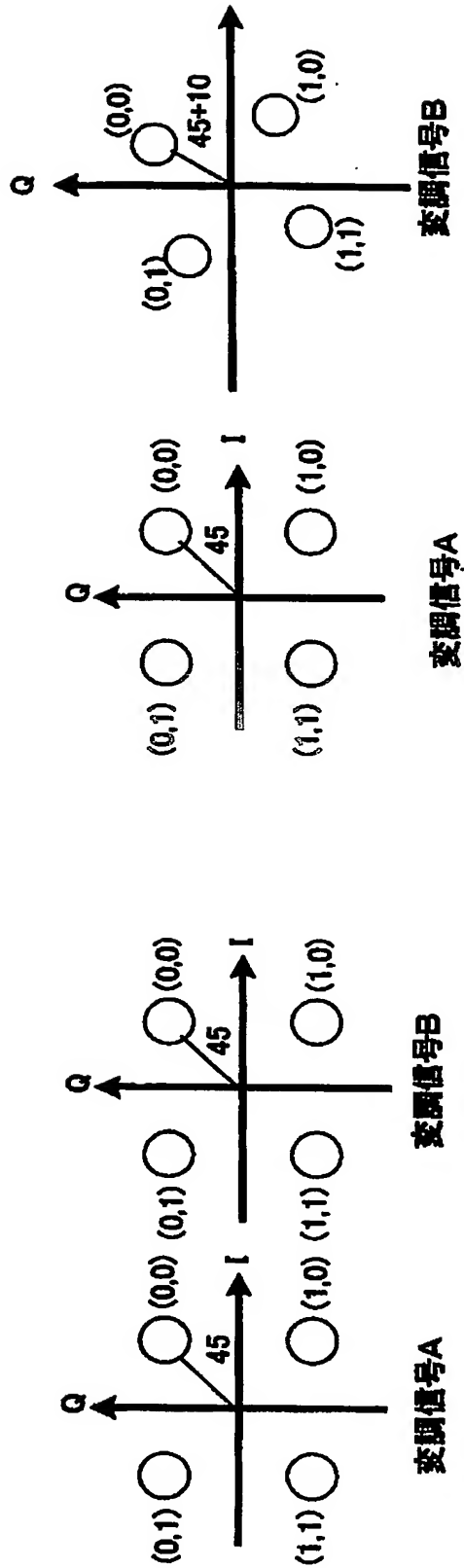
【図 51】

○ 5101:変調信号A,Bの合成信号の信号点

■ 5102:変調信号Aのみときの信号点



【図 5 2】

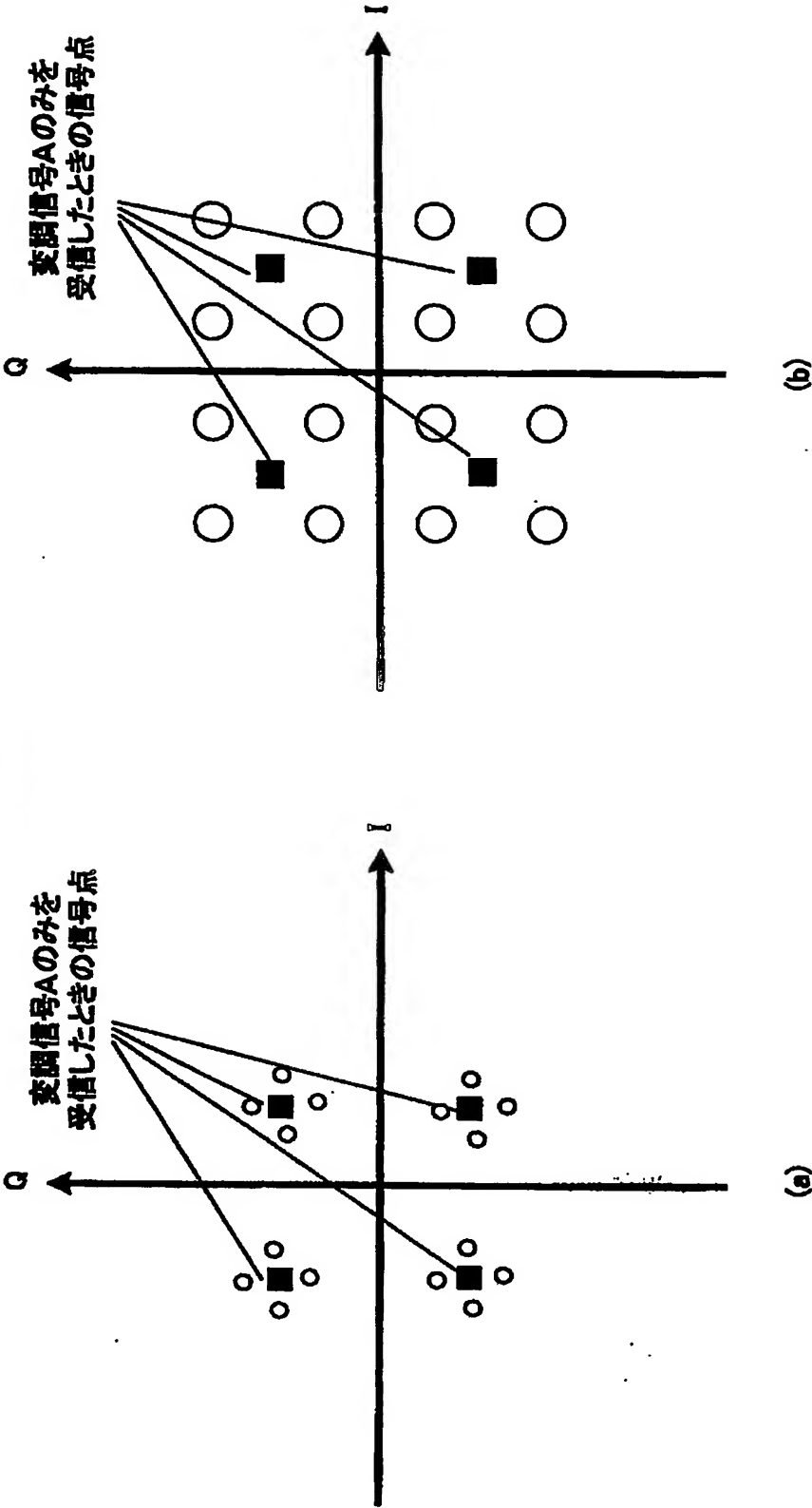


(b) 時間 $t+1$ における信号点配置

(a) 時間 t における信号点配置

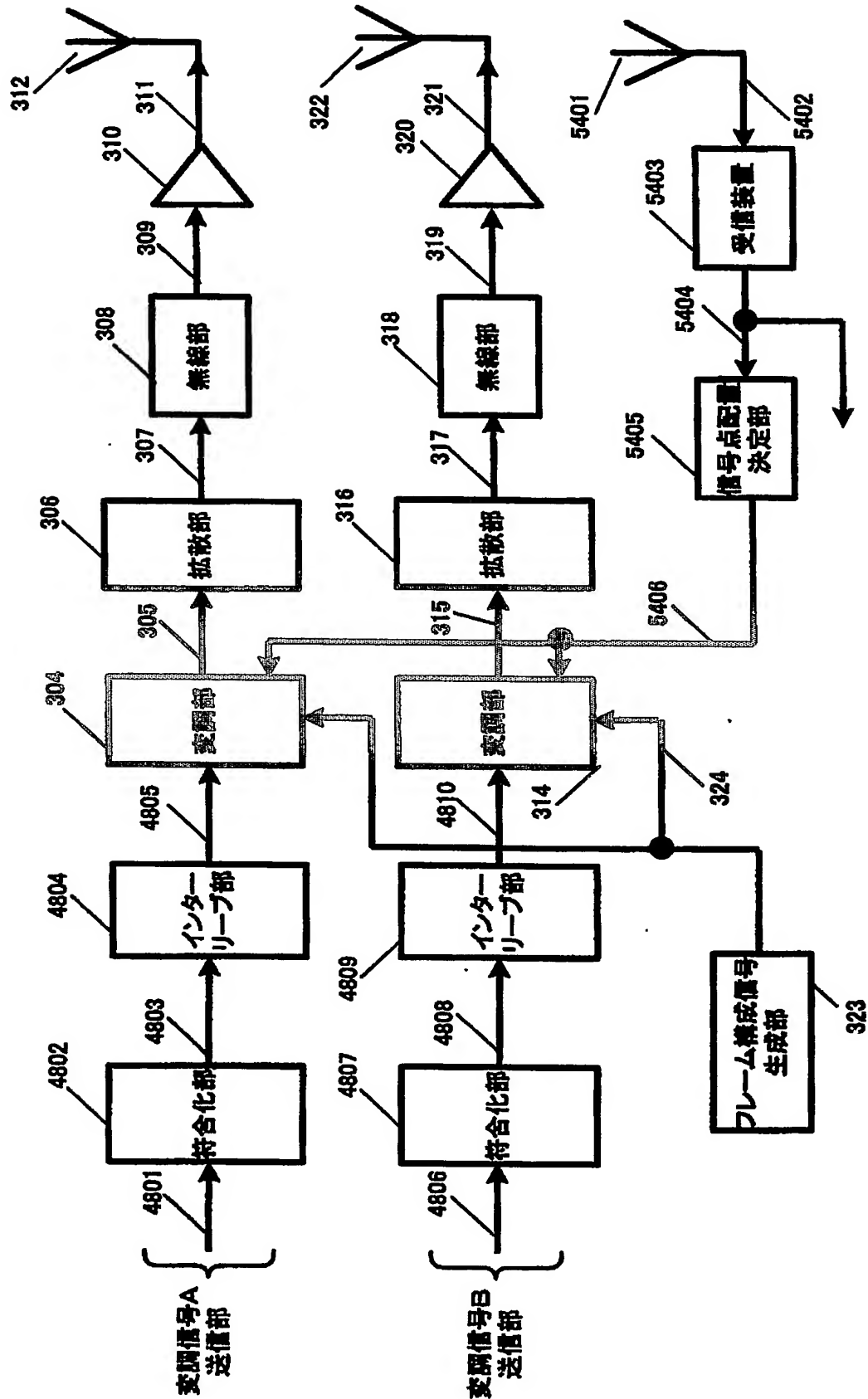
【図 53】

○ 5101:変調信号A,Bの合成信号の信号点
■ 5102:変調信号Aのみの信号点

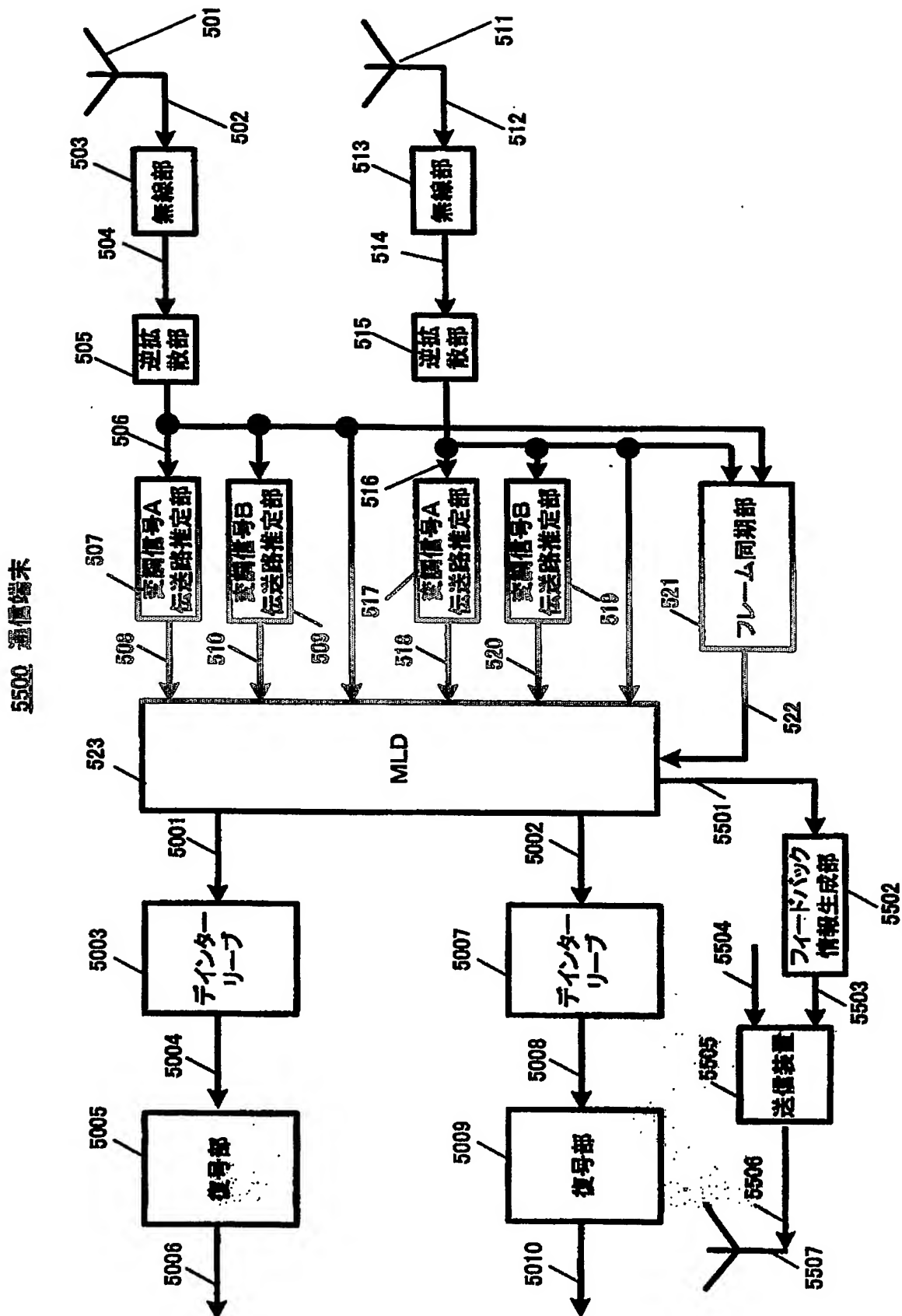


【図54】

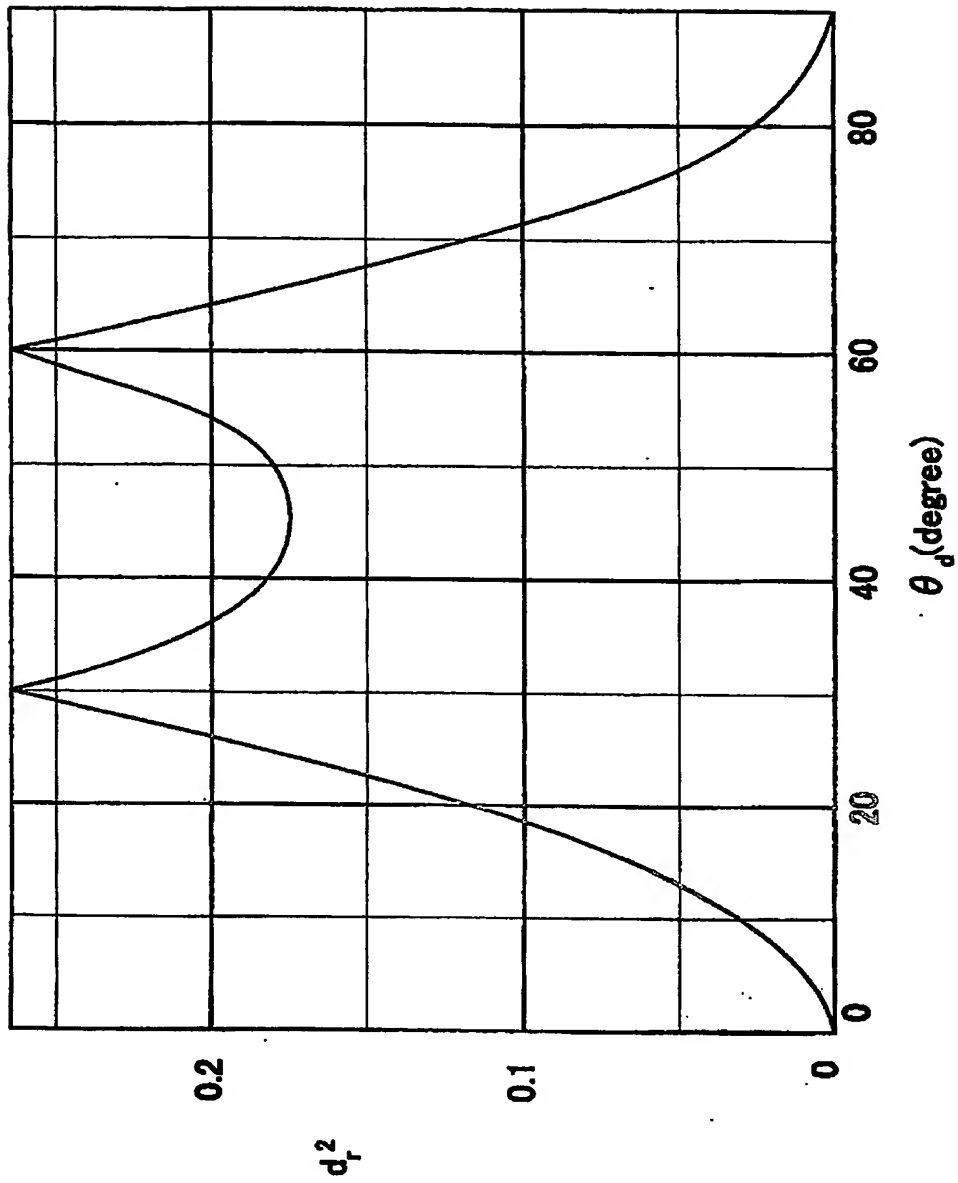
5400 基地局



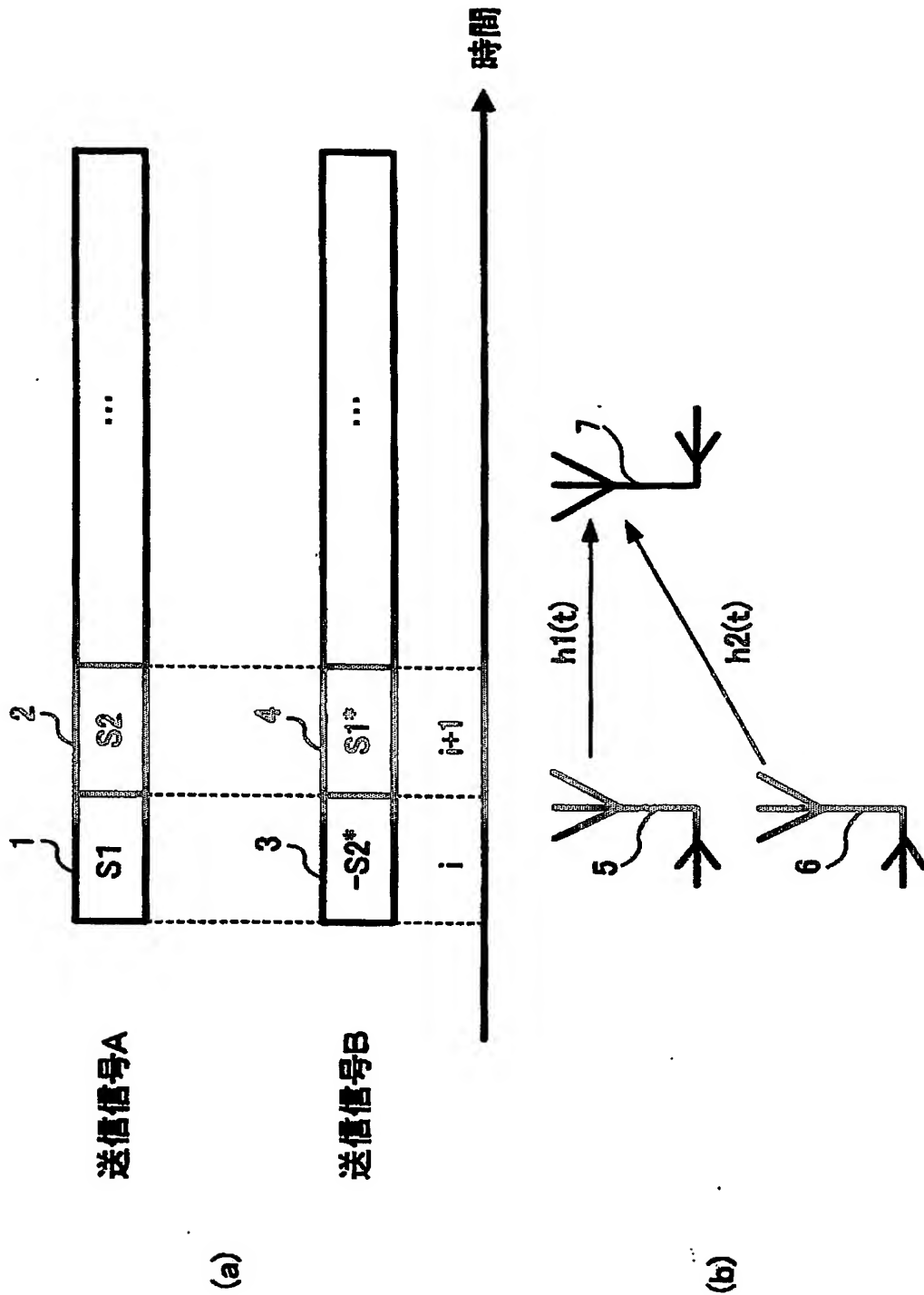
【図 55】



【図 56】



【図 57】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 受信品質およびデータ伝送速度の両方を向上すること。

【解決手段】 変調信号Aはアンテナ107から、変調信号Bはアンテナ108から送信される。変調信号Bでは、時間*i*と時間*i*+1でそれぞれ、異なるデータから得られた変調シンボル $S_2(i)$ 、 $S_2(i+1)$ が送信される。これに対して、変調信号Aでは、時間*i*と時間*i*+1でそれぞれ、同一データを信号点配置を変えて形成された変調シンボル $S_1(i)$ 、 $S_1(i)'$ が送信される。この結果、時間*i*と時間*i*+1で意図的に受信品質を変えることができるので、受信品質の良い時間の変調信号Aの復調結果を用いれば、変調信号A、Bともに誤り率特性良く復調することができる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 1 7 3 2 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社